



**UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID**

# **TRABAJO FINAL DE GRADO: ZERO ENERGY BUILDINGS: ¿REALIDAD O FICCIÓN?**

Estudio del estado del arte de los edificios energéticamente autosuficientes, normativa y ejemplo.

**Autor:**

Pilar Quintero Fernández

**Director:**

Prof. Mónica Alonso Martínez

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

# ÍNDICE

<b>CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>2</b>
- OBJETIVO	
- ESTRUCTURA DEL TRABAJO FINAL DE GRADO	
<b>CAPÍTULO 2: MARCO LEGISLATIVO (DIRECTIVA 2010/31/UE).....</b>	<b>6</b>
<b>CAPÍTULO 3: EDIFICIO DE BALANCE ENERGÉTICO CERO (ZEB).....</b>	<b>14</b>
- DEFINICIÓN.....	14
- PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS.....	14
- EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	16
○ AUDITORÍA. ....	23
○ CODIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN.....	25
<b>CAPÍTULO 4: EJEMPLO DE APLICACIÓN.....</b>	<b>31</b>
- MEJORA TÉRMICA.....	31
○ CALENER.....	31
▪ DOBLE VENTANA.....	40
▪ MEJORA DE CALDERA.....	42
▪ PANEL TERMOSOLAR.....	47
▪ BIOMASA.....	50
○ CÁLCULO DE PANEL TERMOSOLAR.....	51
- MEJORA ELÉCTRICA.....	63
○ PANEL SOLAR.....	64
○ TURBINA EÓLICA.....	75
○ SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO-SOLAR.....	79
<b>CAPÍTULO 5: PRESUPUESTO.....</b>	<b>81</b>
<b>CAPÍTULO 6: CONCLUSIÓN.....</b>	<b>83</b>
<b>CAPÍTULO 7: BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>85</b>

# CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

En un mundo cada vez más desarrollado y dependiente de la energía, la electricidad se ha convertido en una de las fuentes principales para la sociedad, un bien de primera necesidad, que va en aumento, y por ello nos vemos en la encrucijada de encontrar nuevas formas de abastecernos.

Observando nuestro mix energético (Ilustración 1), podemos comprobar que somos dependientes de los combustibles fósiles para la producción de electricidad.

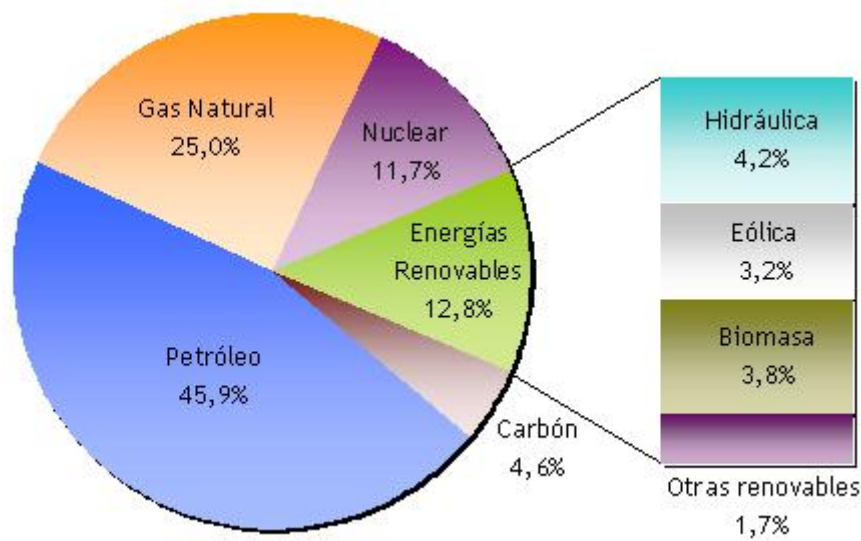


Ilustración 1: Estructura de energía primaria por fuentes energéticas, (Enero-Abril 2010) [1]

El empleo de este combustible conlleva una serie de inconvenientes como:

1. Su vida es limitada: como conocemos no es un recurso infinito, por lo que si basamos nuestra producción en ellos, cuando se acaben, nos veremos en una crisis mundial por falta de combustible. En la Ilustración 2 se presenta el estimado de las reservas

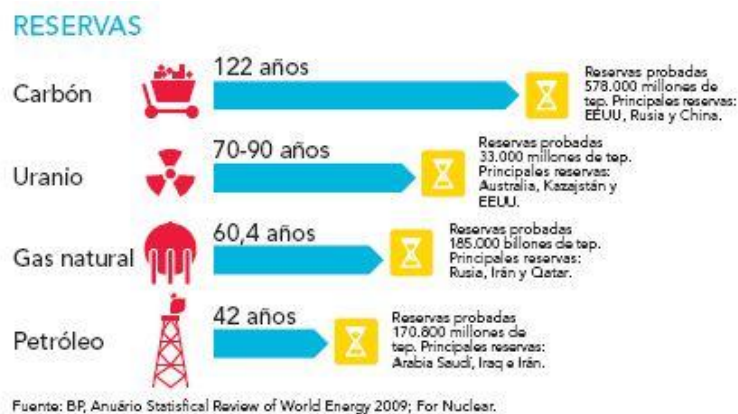


Ilustración 2: Reservas de combustible [2]

2. Su localización está repartida de manera puntual por el mundo, esto lleva consigo la dependencia del resto de países, de unos pocos productores, por lo que el combustible resulta más caro de lo normal. La comunidad europea es muy dependiente de las fuentes exteriores; si no se toman medidas, las importaciones aumentarían un 70% frente al 50% actual.
3. Afectan de manera negativa al medio ambiente, ya que producen residuos contaminantes que ayudan al efecto invernadero y al deterioro de nuestro planeta. La gran mayoría de países tienen un compromiso con protocolos medioambientales, por lo que deben de cambiar el sistema actual para conseguir un desarrollo sostenible.

Para mejorar la situación actual, tenemos que cubrir nuestras necesidades de energía con combustibles que estén a disposición de todos, de esta forma tendremos un recurso competitivo, equitativo y no empeorará el medio ambiente.

La solución a estos problemas son las energías renovables, ya que disponemos del recurso (sol, aire, etc.) y además son energías limpias que, al no aportar contaminantes, son beneficiosas para el medio ambiente.

Llegados a este punto hemos visto cómo resolver el abastecimiento de energía; pero hoy en día, el consumo de energía va en aumento (aunque con la crisis económica se ha reducido) por lo que podemos llegar a un punto en el que consumiremos más de lo que podemos generar.

La comunidad europea ha valorado todos estos aspectos y ha propuesto un paquete integrado de medidas sobre cambio climático y energía que prevé nuevos y ambiciosos objetivos para 2020. Este protocolo se denomina “**EL Triple 20**”: Con respecto a las cifras de 1990, los compromisos de la Unión Europea para lograrlo son:

1. Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en un 20% (30% si se alcanza un acuerdo internacional).
2. Ahorrar el 20% del consumo de energía mediante una mayor eficiencia energética, además, en cada país el 10% de las necesidades del transporte deberán cubrirse mediante biocombustibles.
3. Promover las energías renovables hasta el 20%

El objetivo del 20/20/20 para 2020 es llevar a Europa hacia el camino del futuro sostenible, con una economía que genere pocas emisiones de carbono y consuma menos energía.

Actualmente se han cumplido dos de los tres requisitos, hemos conseguido aumentar las energías renovables más de un 20%, y reducimos los gases de efecto invernadero. El único punto pendiente es la disminución del consumo de energía.

El estilo actual de vida, nos convierte en unos consumidores de energía: para nuestras tareas diarias, movilizarnos, etc. En la Ilustración 3 podemos observar como algunas de las actividades que realizamos diariamente afectan en la producción de energía.

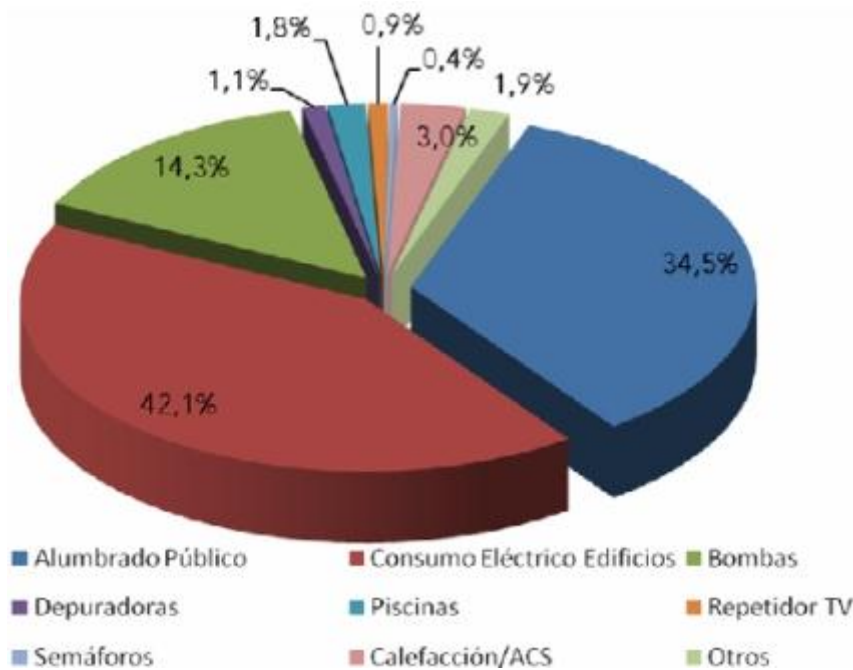


Ilustración 3: Consumo de energía 2008 [3]

El sector de los edificios (residenciales o comerciales) es el mayor consumidor de energía y el mayor emisor de CO<sub>2</sub> de la UE, responsable de un 40% del consumo de energía final y 35% de las emisiones de CO<sub>2</sub> aproximadamente. La calefacción y la iluminación absorben la mayor parte del consumo de la energía (Un 42%), de los cuales el 70% corresponde a la calefacción.

Esto convierte a los edificios en un punto de actuación, siendo importante establecer estrategias de mejora de la eficiencia energética y de fomento de las energías renovables.

Además, el desarrollo tecnológico de las aplicaciones térmicas con energías renovables (biomasa, energía solar térmica, geotermia y aerotermia) ha despegado en los últimos años, contando actualmente con un amplio abanico de posibilidades para su integración en la edificación.

Por lo que estas fuentes de energía son un elemento clave para alcanzar los requisitos mínimos de eficiencia energética y más aún si éstos tienen que evolucionar hacia un consumo energético casi nulo en el futuro.

Para que el sector de la edificación establezca un papel importante en el incremento de las energías renovables es necesario que las administraciones impulsen su uso en los edificios públicos y redes urbanas de climatización, y cambien las normas y códigos del sector incluyendo a las fuentes de energía renovable. Conceptualmente, los edificios están empezando a pasar de ser un consumidor de energía a un productor-consumidor de energía, que puede ser autosuficiente.

La modificación del Código Técnico de la Edificación es el principal acto propuesto en el plan para impulsar las energías renovables en los edificios.

Este lanzamiento normativo y reglamentario, además de una aportación solar para agua caliente sanitaria, incluiría la obligación de una contribución renovable mínima para usos térmicos en los edificios de nueva construcción o que se rehabiliten, de forma que una parte de sus necesidades previstas de calefacción, agua caliente sanitaria o climatización se cubra mediante distintas opciones posibles de energías renovables.

Todo ello nos lleva a la mejora de las instalaciones y con ella conseguir un sistema eficiente, menos contaminante y sostenible, para la mejora de la calidad de vida.

## OBJETIVO

El objetivo de este proyecto es analizar la viabilidad de un edificio de balance energético cero, estudiar la nueva normativa sobre eficiencia energética, establecer las distintas ramas de actuación para cumplirla, y presentar un ejemplo ilustrativo de una vivienda ya construida que será modificada para convertirlo en edificio de balance energético cero y cuánto habría que invertir.

## ESTRUCTURA DEL PROYECTO

El trabajo final de grado se compondrá de una pequeña introducción a la situación actual de la energía en el **capítulo 1**, donde revisaremos las dependencias de combustibles y las necesidades actuales de los edificios.

Posteriormente en el **capítulo 2**, revisaremos la nueva normativa europea que establece las bases de la eficiencia energética, analizaremos punto a punto los cambios a efectuar, y las obligaciones en el futuro.

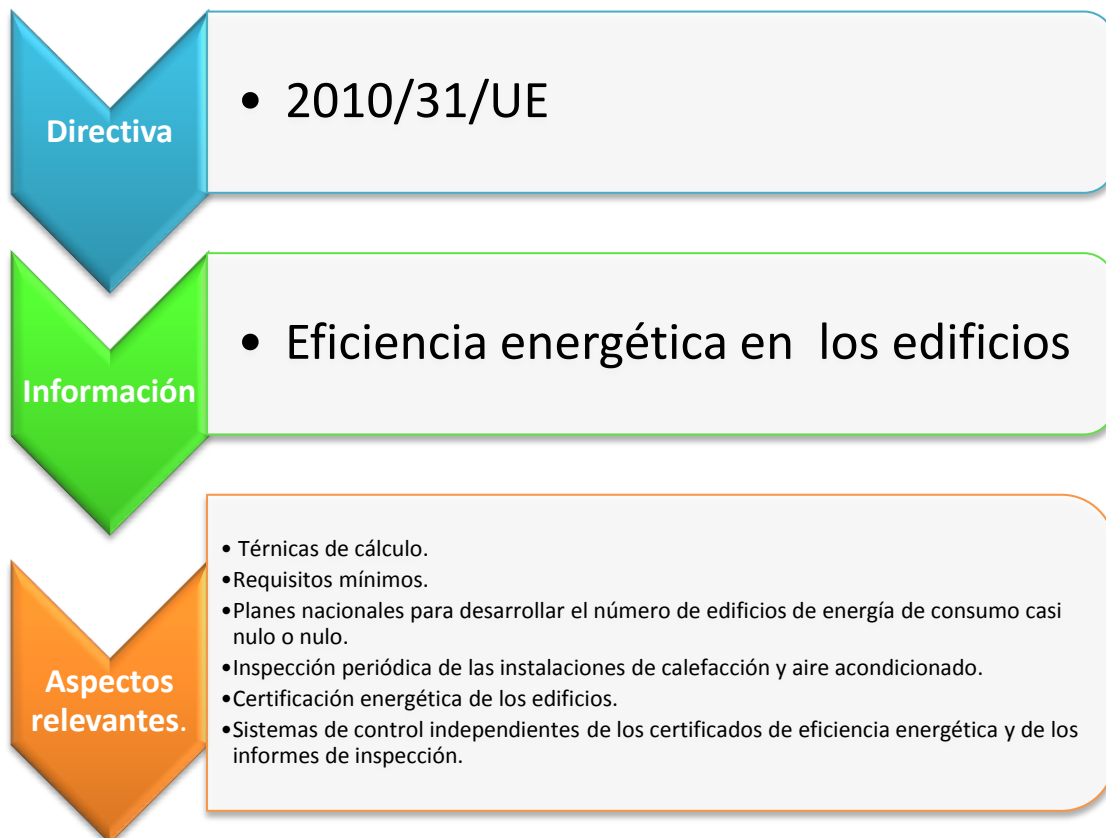
En el **capítulo 3** se verá una exposición sobre los edificios de balance energético cero, sus distintos tipos, como auditar las viviendas y hablaremos del código técnico de la edificación que antes de salir la normativa europea ya había sentado las bases de la eficiencia energética en España.

En el **capítulo 4** diseñamos una vivienda unifamiliar para mejorar su eficiencia energética, y a partir de ahí convertirla en una vivienda de balance energético cero. Diseñaremos los generadores que necesitará para abastecerse y distintos modelos de suministro.

Por ultimo en el **capítulo 5** pondremos precios a las mejoras realizadas, para poder comparar su viabilidad económica. Y en el **capítulo 6** expondremos las conclusiones generadas de todo el análisis exhaustivo realizado en este trabajo.

## CAPÍTULO 2: MARCO LEGISLATIVO

La directiva 2010/31/UE del parlamento europeo y del consejo del 19 de mayo de 2010 relativa a la eficiencia energética propone una serie de cambios y modificaciones en el estado actual para conseguir el objetivo acordado. Su entrada en vigor fue el 9 de Julio de 2010.



### CONSIDERACIONES

- La Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de diciembre de 2002, relativa a la eficiencia energética de los edificios ha sido modificada, debiéndose llevar a cabo nuevas modificaciones, por este motivo y en aras de una mayor claridad, es por lo que se procede a su REFUNDICIÓN mediante la presente directiva.
- El 40% del consumo total de la energía en la Unión Europea corresponde a los edificios.
- Las medidas adoptadas para reducir el consumo de energía en la Unión, y un mayor uso de la energía procedente de fuentes renovables, ayudará que la Unión cumpla el Protocolo de Kyoto, y la consecución del triple 20 objetivo para 2020, consistente en:
  - 20% de reducción de las emisiones totales de gases de efecto invernadero (30% en caso de conseguir acuerdos internacionales).
  - 20% de reducción de consumo.
  - 20%, del consumo total de energía, procedente de fuentes renovables.

- La gestión de la demanda es un instrumento importante para ejercer influencia en el mercado mundial de la energía y por ello la seguridad de abastecimiento a medio y largo plazo.
- Es necesario establecer pautas más específicas con el fin de aprovechar el ahorro de energía aún sin efectuar en los edificios.
- Los edificios nuevos y los edificios existentes que son objeto de reformas importantes deben cumplir unos requisitos mínimos de eficiencia energética adaptados a las condiciones climáticas locales.
- El sector público debe, en cada Estado miembro, servir de ejemplo en el ámbito de la eficiencia energética de los edificios.
- Se estipularan certificados de eficiencia energética, que verificará el estado de las instalaciones, información a acerca de su eficiencia energética.

#### **ARTÍCULO 1: OBJETO**

- Fomenta la eficiencia energética de los edificios, teniendo en cuenta las condiciones climáticas exteriores y las particularidades locales, así como las exigencias ambientales y la rentabilidad en términos de coste- eficacia.
- Requisitos en relación con:
  - El marco común general de una metodología de cálculo de la eficiencia energética integrada de los edificios o de las unidades del edificio.
  - La aplicación de requisitos mínimos a la eficiencia energética de:
    - Los edificios nuevos o de nuevas unidades del edificio.
    - Edificios y unidades y elementos de edificios existentes que sean objeto de reformas importantes.
    - Elementos de construcción que formen parte de la envolvente del edificio.
    - Instalaciones técnicas de los edificios cuando se instalen, sustituyan o mejoren.
- Los planes nacionales destinados a aumentar el número de edificios de consumo de energía casi nulo.
- La certificación energética de los edificios o de unidades del edificio.
- La inspección periódica de las instalaciones de calefacción y aire acondicionado de edificios.
- Los sistemas de control independiente de los certificados de eficiencia energética y de los informes de inspección.

#### **ARTÍCULO 2: DEFINICIONES IMPORTANTES**

*Edificio*: construcción techada con paredes en la que se emplea energía para acondicionar el ambiente interior.

*Edificio de consumo de energía casi nulo*: edificio con un nivel de eficiencia energética muy alto, que se determinará de conformidad con el anexo I. La cantidad casi nula o muy baja de energía debería estar cubierta, en muy amplia medida, por energía procedente



de fuentes renovables, incluida energía procedente de fuentes renovables producida in situ o en el entorno.

*Instalación técnica del edificio*: equipos técnicos destinados a calefacción, refrigeración, ventilación, calentamiento del agua o iluminación de un edificio o de una unidad de este, o a una combinación de estas funciones.

*Eficiencia energética del edificio*: cantidad de energía calculada o medida que se necesita para satisfacerla demanda de energía asociada a un uso normal del edificio, que incluirá, entre otras cosas, la energía consumida en la calefacción, la refrigeración, la ventilación, el calentamiento del agua y la iluminación.

*Energía primaria*: energías procedentes de fuentes renovables y no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

*Energía procedente de fuentes renovables*: energía procedente de fuentes renovables no fósiles, es decir, energía eólica, solar, aerotérmica, geotérmica, hidrotérmica y oceánica, hidráulica, biomasa, gases de vertedero, gases de plantas de depuración y biogás.

*Certificado de Eficiencia Energética*: certificado reconocido por un Estado miembro, o por una persona jurídica designada por este, en el que se indica la eficiencia energética de un edificio o de una unidad de este, calculada con arreglo a una metodología adoptada de conformidad con el artículo 3 de la directiva.

*Instalación de Aire Acondicionado*: combinación de elementos necesarios para proporcionar un tipo de tratamiento del aire interior, mediante el cual la temperatura está controlada o puede bajarse.

*Bomba de calor*: máquina, dispositivo o instalación que transfiere calor del entorno natural como el aire, el agua, o la tierra, al edificio o a aplicaciones industriales invirtiendo el flujo natural de calor, de modo que fluya de una temperatura más baja a una más alta. En el caso de las bombas de calor reversible, también pueden trasladar calor del edificio al entorno natural.

### **ARTÍCULO 3: ADOPCIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE CÁLCULO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LOS EDIFICIOS**

Los Estados miembros aplicarán una metodología de cálculo de la eficiencia energética de los edificios con arreglo al marco general común que se expone en el anexo I. Esta metodología se aplicará a escala nacional o regional.

### **ARTÍCULO 4: REQUISITOS MÍNIMOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA**

1. Los Estados miembros tomarán las medidas necesarias para garantizar que se establezcan unos requisitos mínimos de eficiencia energética de los edificios o unidades de estos con el fin de alcanzar niveles óptimos de rentabilidad. Cuando establezcan estos requisitos los estados miembros podrán distinguir entre edificios nuevos y edificios existentes, así como entre diferentes categorías de edificios.

2. Los Estados miembros pueden decidir no establecer estos requisitos a algunas categorías de edificios, como por ejemplo: edificios protegidos oficialmente por ser parte de un entorno declarado o por su valor arquitectónico o histórico; edificios utilizados como lugares de culto; construcciones provisionales con un plazo de uso inferior o igual a dos años, etc.

#### **ARTÍCULO 5: CÁLCULO DE LOS NIVELES ÓPTIMOS DE RENTABILIDAD DE LOS REQUISITOS MÍNIMOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA**

Los estados miembros calcularán los niveles óptimos de rentabilidad utilizando un marco comparativo establecido en el artículo 1 y con parámetros como las condiciones climáticas, la accesibilidad práctica de las infraestructuras energéticas y compararán los resultados con los requisitos mínimos de eficiencia energética.

#### **ARTÍCULO 6 Y 7: EDIFICIOS NUEVOS Y EDIFICIOS EXISTENTES**

Los Estados miembros tomarán las medidas necesarias para garantizar que:

- Los edificios nuevos cumplan los requisitos mínimos de eficiencia energética. Los Estados miembros velarán por que antes de que se inicie la construcción, se consideren y tengan en cuenta la viabilidad técnica, medioambiental y económica de instalaciones alternativas de alta eficiencia, como por ejemplo: cogeneración, calefacción o refrigeración urbana o central, bomba de calor, etc.
- En los edificios existentes, cuando se efectúen reformas importantes, se mejore la eficiencia energética del edificio o de la parte renovada para que cumplan unos requisitos mínimos de eficiencia energética fijados, siempre que ello sea técnica, funcional y económicamente viable.

#### **ARTÍCULO 8: INSTALACIONES TÉCNICAS DE LOS EDIFICIOS**

Se establecerán requisitos para las instalaciones técnicas de los edificios que sean nuevas, sustituyan a las existentes o las mejoren y se aplicarán siempre que ello sea técnico, funcional y económicamente viable.

Las instalaciones a que se aplicarán los requisitos serán como mínimo las que se indican a continuación, o a una combinación de ellas:

- ✓ Instalaciones de calefacción
- ✓ Instalaciones de agua caliente
- ✓ Instalaciones de aire acondicionado
- ✓ Grandes instalaciones de ventilación.

Los Estados miembros fomentarán la introducción de sistemas de medición inteligentes cuando se construya un edificio o se efectúen en él reformas de importancia. Además podrán fomentar, cuando proceda, la instalación de sistemas de control activos, como sistemas de automatización, control y gestión orientados al ahorro de energía.

### **ARTÍCULO 9: EDIFICIOS DE CONSUMO DE ENERGÍA CASI NULO**

Los estados miembros se asegurarán de que a más tardar el 31 de diciembre de 2020, todos los edificios nuevos sean edificios de consumo de energía casi nulo.

Después del 31 de diciembre de 2018, los edificios nuevos que estén ocupados y sean propiedad de autoridades públicas sean edificios de consumo de energía casi nulo.

Además uno de los objetivos inmediatos es mejorar **la eficiencia energética de los edificios nuevos en 2015**

### **ARTÍCULO 11, 12 Y 13: CERTIFICADOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA. EXPEDICIÓN Y EXPOSICIÓN**

Los Estados miembros tomarán las medidas necesarias para establecer un sistema de certificación de la eficiencia energética de los edificios.

El certificado de eficiencia energética deberá incluir la eficiencia energética de un edificio y valores de referencia, tales como requisitos mínimos de eficiencia energética con el fin de que los propietarios o arrendatarios del edificio o de una unidad de este puedan comparar y evaluar su eficiencia energética.

Los Estados miembros exigirán que:

- Cuando se construyan, vendan o alquilen edificios, el certificado de eficiencia energética o una copia de este se entregue al comprador o nuevo arrendatario.
- Cuando una superficie útil total superior a 500 m<sup>2</sup> de un edificio para el que se expidió un certificado de eficiencia energética (en el 2015 se reducirá a 250m<sup>2</sup>), sea frecuentada habitualmente por el público, el certificado de eficiencia energética se exponga en un lugar destacado y bien visible.

### **ARTÍCULO 14, 15 Y 16: INSPECCIÓN DE LAS INSTALACIONES DE CALEFACCIÓN Y AIRE ACONDICIONADO E INFORMES**

Los Estados miembros tomarán las medidas necesarias para que se realice una inspección periódica de las partes accesibles de:

- ❖ Las instalaciones utilizadas para calentar los edificios, cuando la potencia nominal útil de sus calderas sea superior a 20 kW.
- ❖ Las instalaciones de aire acondicionado con una potencia nominal útil superior a 12 kW.

Tras cada inspección de las citadas instalaciones se emitirá un informe que será entregado al propietario o arrendatario del edificio.

### **ARTÍCULO 17: EXPERTOS INDEPENDIENTES**

Los Estados miembros velarán por que la certificación de la eficiencia energética de los edificios y la inspección de las instalaciones de calefacción y de aire acondicionado se realicen de manera independiente por expertos cualificados o acreditados.

### **ARTÍCULO 18: SISTEMAS DE CONTROL INDEPENDIENTES**

Los Estados miembros podrán establecer un sistema de control para los certificados de eficiencia energética y otro distinto para los informes de inspección de las instalaciones de calefacción y aire acondicionado.

### **ARTÍCULO 28: TRANSPOSICIÓN**

**Desde el 9 de Julio de 2010, y hasta el 31 de diciembre de 2015**, los Estados miembros irán adoptando y publicando en las fechas fijadas en el artículo 28 de la Directiva que nos ocupa, las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas necesarias para dar cumplimiento a lo establecido en la misma.

La obligación de transposición al derecho nacional debe limitarse a las disposiciones que constituyan una modificación de fondo respecto de la Directiva 2002/91/CE, de la que se deriva la obligación de transponer las disposiciones legales

### **ARTÍCULO 29: DEROGACIÓN**

Con efectos a partir del 1 de febrero de 2012, queda derogada la Directiva 2002/91/CE.

### **ANEXOS**

*Anexo I* – Marco general del cálculo de la eficiencia energética de los edificios.

La eficiencia energética se determinará partiendo de la cantidad. Calculada o real, de energía consumida anualmente para satisfacer las necesidades ligadas a la utilización normal, que exprese la energía necesaria para la calefacción y refrigeración a fin de mantener las condiciones de temperatura del edificio y sus necesidades para el agua caliente sanitaria.

Se expresará de forma clara e incluirá un indicador de eficiencia energética y un indicador de consumo de energía primaria

La metodología deberá establecerse teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

a) Las siguientes características térmicas reales del edificio, incluidas sus divisiones internas:

- i) capacidad térmica,
- ii) aislamiento,
- iii) calefacción pasiva,
- iv) elementos de refrigeración, y
- v) puentes térmicos;

b) Instalación de calefacción y de agua caliente, y sus características de aislamiento;

c) Instalaciones de aire acondicionado;

d) Ventilación natural y mecánica, lo que podrá incluir la estanqueidad del aire;

- e) Instalación de iluminación incorporada (especialmente en la parte no residencial);
- f) Diseño, emplazamiento y orientación del edificio, incluidas las condiciones climáticas exteriores;
- g) Instalaciones solares pasivas y protección solar;
- h) Condiciones ambientales interiores, incluidas las condiciones ambientales interiores proyectadas;
- i) Cargas internas.

En el cálculo se tendrá en cuenta la incidencia positiva de los siguientes aspectos, cuando resulten pertinentes:

- a) condiciones locales de exposición al sol, sistemas solares activos u otros sistemas de calefacción o producción de electricidad basados en energía procedente de fuentes renovables;
- b) electricidad producida por cogeneración;
- c) sistemas urbanos o centrales de calefacción y refrigeración;
- d) iluminación natural.

A efectos del cálculo, los edificios habrían de clasificarse adecuadamente en las siguientes categorías:

- a) viviendas unifamiliares de distintos tipos;
- b) edificios en bloque;
- c) oficinas;
- d) centros de enseñanza;
- e) hospitales;
- f) hoteles y restaurantes;
- g) instalaciones deportivas;
- h) edificios comerciales destinados a la venta al por mayor o al por menor;
- i) otros tipos de edificios que consuman energía.

*Anexo II* – Sistemas de control independiente de los certificados de eficiencia energética y de los informes de inspección.

La verificación se basará en las posibilidades que se indican a continuación o en medidas equivalentes:

- a) comprobación de la validez de los datos de base del edificio utilizados para expedir el certificado de eficiencia energética, y los resultados consignados en este;
- b) comprobación de los datos de base y verificación de los resultados del certificado de eficiencia energética, incluidas las recomendaciones formuladas;
- c) comprobación completa de los datos de base del edificio utilizados para expedir el certificado de eficiencia energética, comprobación completa de los resultados consignados en el certificado, incluidas las recomendaciones formuladas, y visita in situ del edificio, si es posible, con el fin de comprobar la correspondencia entre las especificaciones que constan en el certificado de eficiencia energética y el edificio certificado.

*Anexo III* – Marco metodológico comparativo para la determinación de los niveles óptimos de rentabilidad de los requisitos de eficiencia energética de los edificios y de sus elementos.

El marco metodológico comparativo exigirá de los Estados miembros:

- Que limiten los edificios de referencia caracterizados y representativos por su funcionalidad y situación geográfica, incluidas las condiciones climáticas exteriores y ambientales interiores. Los edificios de referencia serán tanto residenciales como no residenciales, tanto nuevos como existentes.
- Que detallen las medidas de eficiencia energética que deben evaluarse para los edificios de referencia. Estas pueden ser medidas para cada edificio en su conjunto, para cada uno de los elementos de un edificio, o para una combinación de elementos de edificios,
- Que evalúen las necesidades final y primaria de energía de los edificios de referencia y los edificios de referencia con las medidas definidas de eficiencia energética aplicadas,
- Que calculen los costes (es decir, el valor actual neto) de las medidas de eficiencia energética durante el ciclo de vida útil previsto aplicados a los edificios de referencia, aplicando los principios del marco metodológico comparativo

*Anexo IV* – Directiva derogada con su modificación y plazos de transposición a que se refiere al artículo 29 de la Directiva 2002/91/CE.

*Anexo V* – Tabla de correspondencias entre los artículos de la Directiva 2002/91/CE y la presente Directiva.

# CAPÍTULO 3: EDIFICIO DE BALANCE ENERGÉTICO CERO (ZEB)

Los edificios de balance energético cero o “Zero Energy Buildings”, son aquellos que su consumo energético es muy reducido, ya que sus instalaciones poseen una gran eficiencia energética, y por ello es capaz de abastecerse mediante energía de fuentes renovables producida in situ o en el entorno. Un edificio de energía cero produce la misma energía que consume, siendo su balance energético neto cero.

**CONSUMO DE ENERGÍA DEL EDIFICIO = GENERACIÓN DE ENERGÍA DEL EDIFICIO**

## PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS

En la Ilustración 4 podemos observar los distintos niveles existentes: Para los edificios de energía cero, existen diferentes estrategias según: contabilidad del uso de la red y las fuentes de energías renovables:

- **Energía Cero In Situ:** Un edificio Cero “in situ” es aquel que produce al menos tanta energía como consume en un año, contabilizada “in situ”

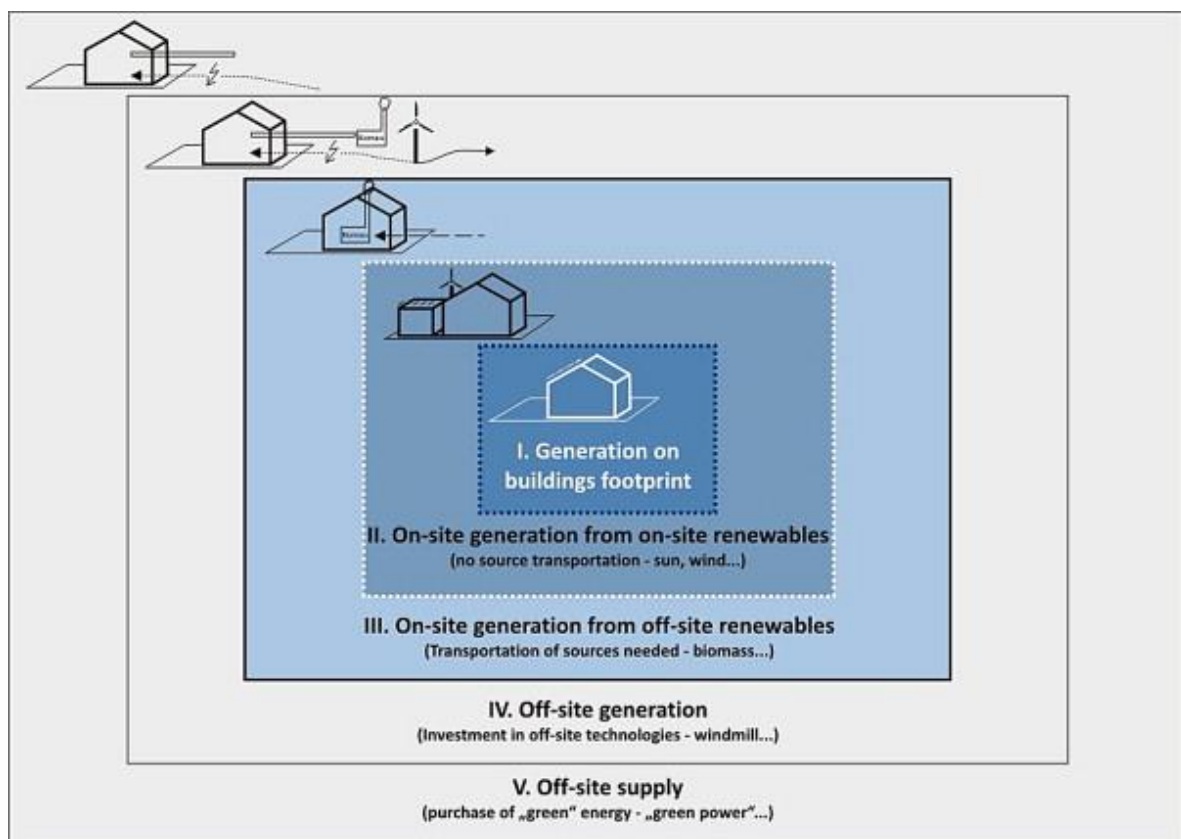


Ilustración 4: Resumen de las posibles opciones de suministro renovable [4]

Con esto podemos observar que no excluimos generaciones fuera del entorno, simplemente establece niveles de suministro.

- **Energía Cero en origen:** es aquel que genera como máximo tanta energía como necesite para abastecerse en un año, registrada en el lugar de origen. (Energía en origen se refiere a la energía primaria usada para generar y transportar la energía hasta el consumidor final.)
- **Coste de Energía Cero:** el importe de capital que la compañía energética paga al dueño del edificio por la energía vuelca a la red, es al menos igual a la suma que el propietario paga a la empresa energética por la energía consumida y los servicios energéticos durante un año.
- **Cero Emisiones:** produce al año la misma cantidad de energía proveniente de energías renovables como la energía que usa proveniente de fuentes de energía fósil.

Los edificios con energía cero tienen dos indicadores para medir su grado de alcance, por un lado el balance energético (energía generada - energía consumida), medido en kWh/m<sup>2</sup> año (Ilustración 5) y el porcentaje de energía consumida proveniente de fuentes renovables.

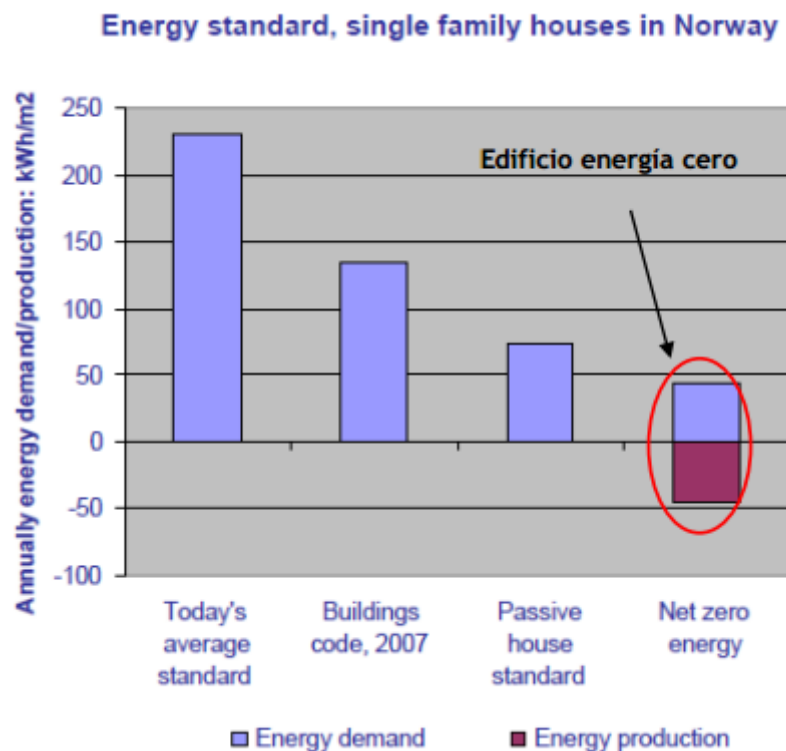


Ilustración 5: Demanda/producción de energía en edificios unifamiliares en Noruega (2010) [5]

Con esto podemos llegar a la situación de que existirán meses en los que tengamos que consumir de la red, pero en otros, tengamos exceso de generación y por ello se compensen. A este caso se le denomina Net Zero



## EFICIENCIA ENERGÉTICA

Para conseguir nuestro objetivo, sabemos que uno de los aspectos principales es conseguir mejorar la eficiencia energética.

Como sabemos casi el 30% del consumo de energía primaria es ocasionada por los edificios, por lo que las nuevas normativas intentan reducir este consumo, y para ello crean una herramienta similar a la utilizada en los electrodomésticos.

La clasificación energética es la expresión de consumo de energía necesario para satisfacer la demanda de energía de un edificio en condiciones normales de funcionamiento y ocupación.

La ordenanza exige clasificar las nuevas edificaciones con un indicador que muestre a los compradores del grado de eficiencia del edificio. Consiste en que los edificios coloquen una etiqueta con su calificación energética (de la A, que correspondería a los edificios más eficientes, a la G, los edificios menos eficientes) y en la que se incluya su consumo estimado de energía y las emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas.

A los electrodomésticos se les realiza un test en un laboratorio, mientras que los edificios son mucho más complejos, cuyo funcionamiento no se puede testear o estimar de manera tan sencilla, sometidos a condiciones y hábitos de uso mucho más inconstantes. Por eso, es necesario estipular grandes simplificaciones, que puedan estimar el grado de eficiencia.

La certificación energética es el proceso por el que se revisa la conformidad de la calificación obtenida por el proyecto y por el edificio una vez terminado con la consecuente expedición de certificados de eficiencia.

Las técnicas implantadas para la certificación tienen varios puntos discutidos y aún hay confusión e incertidumbre en el sector, fruto de la baja implementación voluntaria de la certificación de edificios, estando tan cerca su obligatoriedad.

El objetivo es incentivar a la construcción de edificios más eficientes e incentivar a la rehabilitación de edificios para que consuman menos energía.

La Directiva Europea 2002/91/CE tiene como objetivo promover la Eficiencia Energética de los Edificios y obliga a todos los estados miembro, entre otras cosas, a que todo edificio, tanto si se vende como si se alquila, vaya acompañado de un Certificado de Eficiencia Energética.

La Certificación Energética de Edificios, momentáneamente, aplica a todas las nuevas construcciones y a las grandes rehabilitaciones (se consideran grandes rehabilitaciones las de más de 1000 metros de superficie y en las que se renueve más del 15 % de los cerramientos). Las excepciones de aplicar la certificación son:

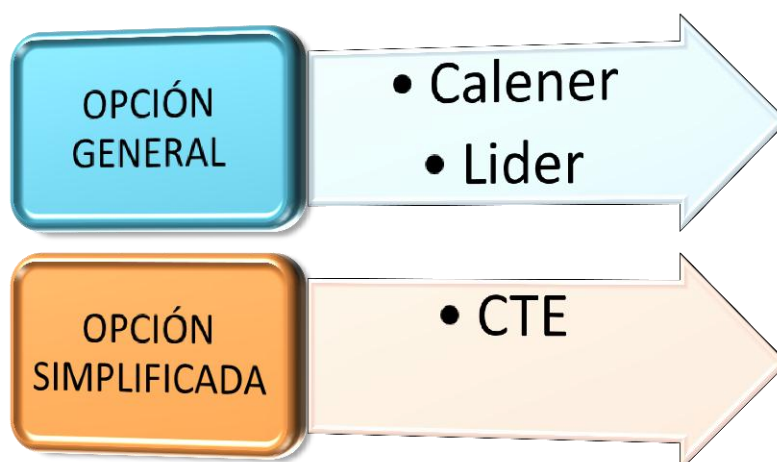
- Construcciones provisionales con un plazo de utilización previsto igual o inferior a 2 años.
- Edificios industriales o agrícolas.
- Edificios aislados con una superficie útil total inferior a 50 m<sup>2</sup>.
- Edificios de sencillez técnica y escasa entidad constructiva que no tengan carácter residencial o público (desarrollados en una sola planta y que no afectan a la seguridad de las personas).

- Edificaciones que por sus características de utilización deban permanecer abiertas.
- Edificios y monumentos protegidos oficialmente, cuando el cumplimiento de este decreto pudiese alterar de manera inaceptable su carácter o aspecto
- Edificios utilizados como lugares de culto o para actividades religiosas.



Ilustración 6: Comparación entre dos casas [6]

Para llegar a la determinación de la eficiencia podemos emplear dos opciones:



## OPCIÓN GENERAL

1. Se realiza una modelización teórica del consumo energético del edificio. Es así porque el certificado y la clase de eficiencia deben estar disponibles cuando el edificio se vaya a vender, no cuando ya esté siendo utilizado. Sólo se podría tratar de comparar edificios en condiciones teóricas, porque estando habitado el consumo energético variará según los hábitos de cada casa.

Para este cálculo de la eficiencia del edificio el único programa reconocido actualmente es el programa LIDER. El programa modelizará los valores de consumo eléctrico total, desde una descripción del edificio que contendría características de la envolvente, las condiciones ambientales interiores, la ventilación y orientación, las instalaciones de calefacción, ACS (Agua Caliente Sanitaria), aire acondicionado y las de iluminación, la existencia de sistemas solares pasivos y protecciones solares

2. Luego se procederá a calcular la calificación energética del edificio, es decir, compara la eficiencia energética de un edificio respecto a uno convencional.

Hasta ahora, el único programa reconocido es el CALENER, que compararía el edificio modelado con un edificio “estándar” de características similares, situado en la misma localidad geográfica y cuya conducta energética ha sido analizado en un estudio de campo. En función de esa comparación, el programa le asigna una clase de eficiencia energética, de la A hasta la G.

3. Se emite el certificado energético y la etiqueta provisionales. A continuación, durante la ejecución del edificio, se comprobará que esta eficiencia figurada en la fase de proyecto concuerda con el funcionamiento energético real. Se consigue la calificación energética del edificio acabado, se reajustan los datos a la calificación adecuada si es necesario, y se otorga el certificado definitivo.

Para establecer los varemos de consumo según la eficiencia energética, hemos acordado que es muy importante los aspectos climáticos del entorno. Por eso en España se han establecido distintas zonas según la radiación solar (Ilustración 7), y delimitación de zonas según su climatología (Tabla 1)

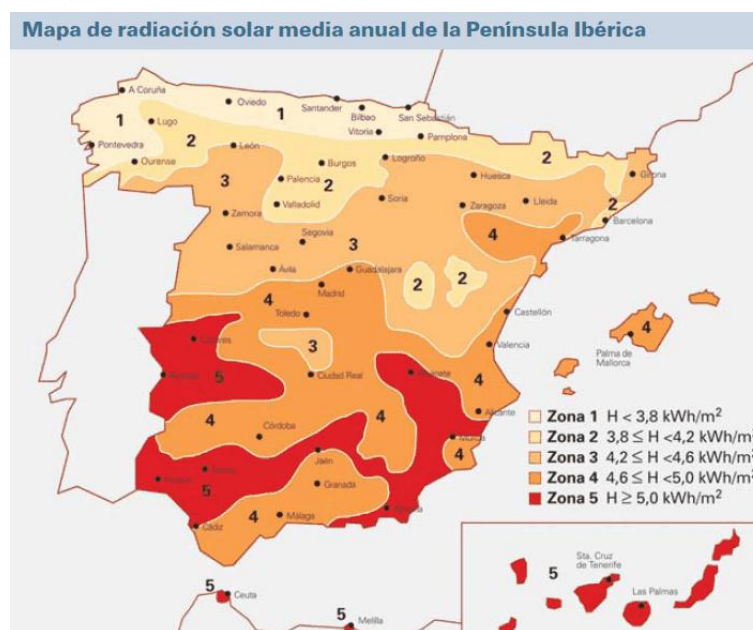


Ilustración 7: Zonas climáticas por el nivel de radiación

Donde determinaremos según una letra y un número la zona climática:

## LETRA

Marca el rigor climático del invierno ( A= invierno suave, ..., E= invierno duro)

## NÚMERO

Marca el rigor climático del verano ( 1= suave, ... , 4 Fuerte)

Capital de provincia	Capital	Altura de referencia (m)	Desnivel entre la localidad y la capital de su provincia (m)				
			≥200 <400	≥400 <600	≥600 <800	≥800 <1000	≥1000
Albacete	D3	677	D2	E1	E1	E1	E1
Alicante	B4	7	C3	C1	D1	D1	E1
Almería	A4	0	B3	B3	C1	C1	D1
Ávila	E1	1054	E1	E1	E1	E1	E1
Badajoz	C4	168	C3	D1	D1	E1	E1
Barcelona	C2	1	C1	D1	D1	E1	E1
Bilbao	C1	214	D1	D1	E1	E1	E1
Burgos	E1	861	E1	E1	E1	E1	E1
Cáceres	C4	385	D3	D1	E1	E1	E1
Cádiz	A3	0	B3	B3	C1	C1	D1
Castellón de la Plana	B3	18	C2	C1	D1	D1	E1
Ceuta	B3	0	B3	C1	C1	D1	D1
Ciudad real	D3	630	D2	E1	E1	E1	E1
Córdoba	B4	113	C3	C2	D1	D1	E1
Coruña (a)	C1	0	C1	D1	D1	E1	E1
Cuenca	D2	975	E1	E1	E1	E1	E1
Donostia-San Sebastián	C1	5	D1	D1	E1	E1	E1
Girona	C2	143	D1	D1	E1	E1	E1
Granada	C3	754	D2	D1	E1	E1	E1
Guadalajara	D3	708	D1	E1	E1	E1	E1
Huelva	B4	50	B3	C1	C1	D1	D1
Huesca	D2	432	E1	E1	E1	E1	E1
Jaén	C4	436	C3	D2	D1	E1	E1
León	E1	346	E1	E1	E1	E1	E1
Lleida	D3	131	D2	E1	E1	E1	E1
Logroño	D2	379	D1	E1	E1	E1	E1
Lugo	D1	412	E1	E1	E1	E1	E1
Madrid	D3	589	D1	E1	E1	E1	E1
Málaga	A3	0	B3	C1	C1	D1	D1
Melilla	A3	130	B3	B3	C1	C1	D1
Murcia	B3	25	C2	C1	D1	D1	E1
Ourense	C2	327	D1	E1	E1	E1	E1
Oviedo	C1	214	D1	D1	E1	E1	E1
Palencia	D1	722	E1	E1	E1	E1	E1
Palma de Mallorca	B3	1	B3	C1	C1	D1	D1
Palmas de Gran Canaria (las)	A3	114	A3	A3	A3	B3	B3
Pamplona	D1	456	E1	E1	E1	E1	E1
Pontevedra	C1	77	C1	D1	D1	E1	E1
Salamanca	D2	770	E1	E1	E1	E1	E1
Santa Cruz de Tenerife	A3	0	A3	A3	A3	B3	B3
Santander	C1	1	C1	D1	D1	E1	E1
Segovia	D2	1013	E1	E1	E1	E1	E1
Sevilla	B4	9	B3	C2	C1	D1	E1
Soria	E1	984	E1	E1	E1	E1	E1
Tarragona	B3	1	C2	C1	D1	D1	E1
Teruel	D2	995	E1	E1	E1	E1	E1
Toledo	C4	445	D3	D2	E1	E1	E1
Valencia	B3	8	C2	C1	D1	D1	E1
Valladolid	D2	704	E1	E1	E1	E1	E1
Vitoria-Gasteiz	D1	512	E1	E1	E1	E1	E1
Zamora	D2	617	E1	E1	E1	E1	E1
Zaragoza	D3	207	D2	E1	E1	E1	E1

Tabla 1: Indicadores de zonas por las condiciones climáticas

		Zona Climática de Verano			
		1	2	3	4
Zona Climática de Invierno	A			Cádiz	Almería
	B			Valencia	Sevilla
	C	Bilbao	Barcelona	Granada	Toledo
	D	Vitoria	Zamora	Madrid	
	E	Burgos			

Ilustración 8: Ejemplo Localidades en las que se han obtenido los indicadores energéticos

El certificado de eficiencia energética (Ilustración 9) **tiene una vigencia de 10 años**, una vez pasados, el edificio deberá volver a someterse a una inspección para comprobar si sigue manteniendo dicha eficiencia.

La emisión y registro de certificados y los procedimientos de verificación y control son competencia de las comunidades autónomas y todavía están por definir, aunque ya se puede prever la inmensa dificultad que supondrá realizar el seguimiento.


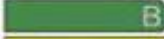





Calificación Energética de Edificios proyecto/edificio terminado	
Más	
	A
	B
	C
	D
	E
	F
	G
Menos	
Edificio:	_____
Localidad/Zona climática:	_____
Uso del Edificio:	_____
Consumo Energía Anual:	_____ kWh/año (_____ kWh/m²)
Emissiones de CO <sub>2</sub> Anual:	_____ kgCO <sub>2</sub> /año (_____ kgCO <sub>2</sub> /m²)
<p><i>El Consumo de Energía y sus Emisiones de Dióxido de Carbono son las obtenidas por el Programa _____ para unas condiciones normales de funcionamiento y ocupación.</i></p> <p><i>El Consumo real de Energía del Edificio y sus Emisiones de Dióxido de Carbono dependerán de las condiciones de operación y funcionamiento del edificio y de las condiciones climáticas, entre otros factores.</i></p>	

Ilustración 9: Calificación de un edificio

## OPCIÓN SIMPLIFICADA

De carácter prescriptivo. Se basa en el cumplimiento de los mínimos que marca el CTE (Código Técnico de la Edificación). Si se utiliza esta metodología más sencilla para el cálculo de la eficiencia del edificio, sólo se pueden obtener las clases D o E.

La clase de eficiencia se obtiene de forma indirecta, a través de soluciones técnicas que mejorarían el comportamiento energético del edificio respecto a los requisitos básicos que marca el CTE.

Estas soluciones están contempladas en una guía, y la adopción de unas u otras determinan la calificación definitiva, D o E. Las soluciones sólo incluyen datos de las máquinas de calefacción, refrigeración, iluminación y ACS. Además, en ciertas categorías no hay definidos parámetros, o todas las eficiencias son permitidas, por lo que no hay un gran margen para distinguir o premiar arreglos eficientes.

También podría hacer temer una avalancha de edificios de clase D o E, que quizá hubieran podido obtener una calificación mejor, debido a la mayor facilidad del procedimiento y a la falta de información de los consumidores: si no se hace previamente el trabajo de información y sensibilización que el tema requiere, el público final no demandará edificios más eficientes.

En la Ilustración 10 podemos ver los pasos a seguir dependiendo del tipo de opción a seguir:

		Opción general		
		Procedimiento de referencia	Procedimientos alternativos	Opción simplificada
<b>Requisitos mínimos</b>	Demanda de calefacción y refrigeración	Programa LIDER	Programas alternativos a LIDER	Cumplimiento de la opción simplificada del CTE-HE1
	Rendimiento de instalaciones térmicas	Cumplimiento de requisitos de CTE-HE2	Cumplimiento de requisitos de CTE-HE2	Cumplimiento de requisitos de CTE-HE2
	Contribución solar mínima de ACS	Cumplimiento de porcentajes previstos en CTE-HE4	Cumplimiento de porcentajes previstos en CTE-HE4	Cumplimiento de porcentajes previstos en CTE-HE4
<b>Calificación Energética</b>		Programa CALENER	Programas alternativos a CALENER	<b>Asignación directa de Clase de eficiencia D o E</b>

Ilustración 10: Resumen de los pasos a seguir para la certificación energética [7]



La información al consumidor se debe facilitar en forma de una etiqueta, normalizada y es estéticamente similar a la que ya se aplica a los aparatos electrodomésticos, con un código de letras (A para edificios más eficientes, G para edificios menos eficientes) y colores (verde más eficiente, rojo menos). La diferencia entre códigos es evidente, por ejemplo, un proyecto de dos viviendas unifamiliares situadas en Madrid, se estimó que la calificada como clase de eficiencia A emitiría 4 veces menos CO<sub>2</sub> que la calificada como E como se aprecia en la Ilustración 11.

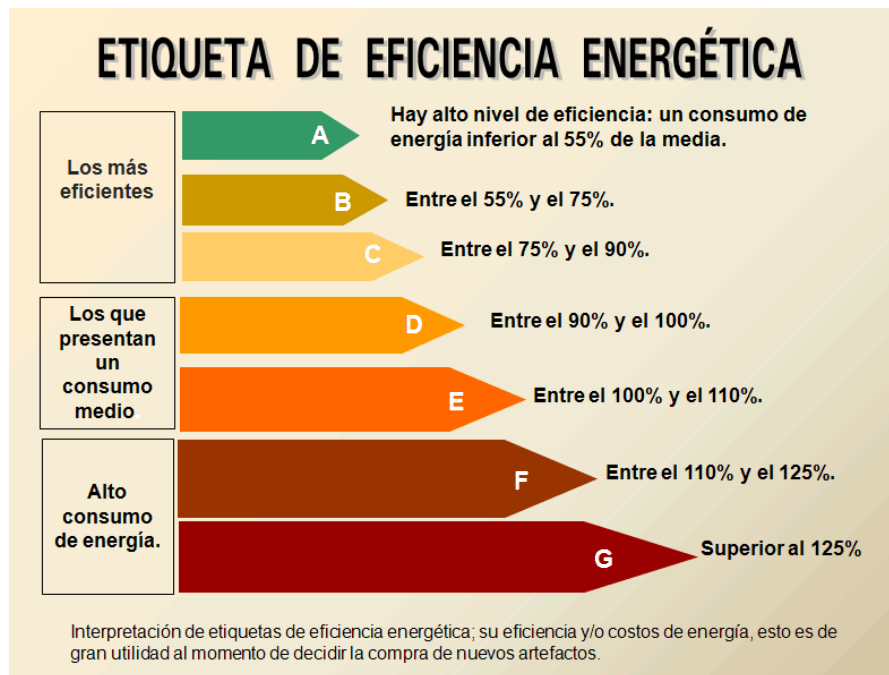


Ilustración 11: Etiqueta de eficiencia energética [8]

En todo caso, sólo podremos comparar la clase de eficiencia energética cuando los edificios sean muy similares entre sí. Esto sucede así porque, todos los edificios se califican en relación a un edificio similar a él, con un comportamiento energético determinado, pero no siempre el edificio más eficiente consumirá menos.

Por ejemplo, un edificio de clase A puede consumir más que uno de clase C pero que es mucho más pequeño, puede excluir instalaciones potentes, etc., Aunque al tener un aislamiento peor le hace tener una calificación más baja.

Otras de las informaciones que surgen en la etiqueta son: la localidad y zona climática en la que se encuentra el edificio (de acuerdo con la sección HE1 del CTE), el uso que tiene (residencial, comercial...) y el total del consumo de energía primaria estimado del edificio, expresado en kWh/año, las emisiones correspondientes de dióxido de carbono (kg CO<sub>2</sub>/año), así como los mismos datos por m<sub>2</sub> de superficie.

Cuando nos fijemos en el consumo previsto pasará lo mismo que en el caso de los electrodomésticos: una nevera de clase A+ absorberá más energía que una nevera pequeña de clase B. Por lo que hay que repasar también las prestaciones que queremos y el consumo previsto (kWh/año) además de la clase.

A continuación veremos los pasos a seguir para conseguir una **AUDITORÍA ENERGÉTICA**





La mejora de eficiencia energética nos lleva a una disminución del consumo de manera considerable, a continuación podemos observar que con las mejoras que establece el código técnico de edificación existe una reducción considerable, y si damos un paso más en la eficiencia y llegamos a tener la clase A, la mejora es de hasta un 70% de reducción de consumo (Ilustración 12).

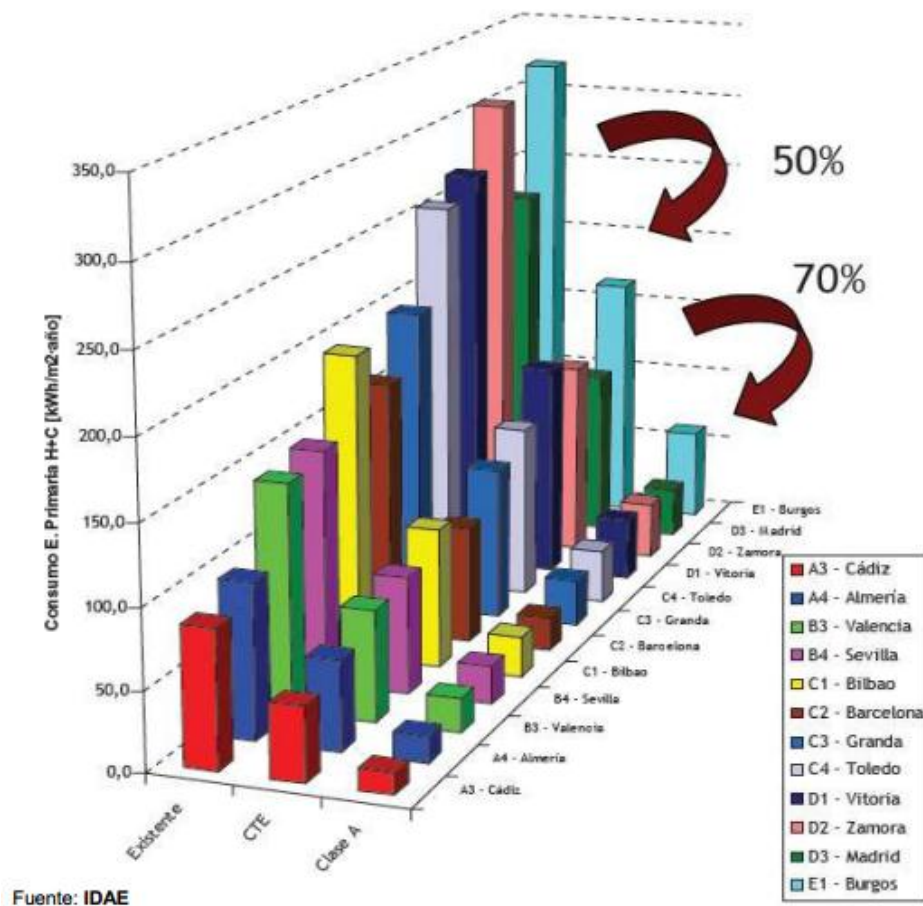


Ilustración 12: Disminución de consumo

Con esto podemos observar que una buena eficiencia energética podemos dejar de malgastar la energía, reduciendo costes, y mejorando el medio ambiente. El problema es que muchas veces resulta muy costoso llegar a este paradigma, así que debemos de alcanzar un equilibrio entre inversión y mejora.

## CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN

Se ha ampliado un apartado para el ahorro de energía DB-HE que junto al real decreto 47/2007 y del 19/01/2007 por el que se aprueban los procedimientos básicos para la certificación energética, para el cumplimiento del marco legislativo 2010/31/UE

España ha superado en 2002 el 20% de las emisiones de CO<sub>2</sub> (Ilustración 13) establecidas por el protocolo de Kyoto para el 2012. Como los grandes implicados son el sector de la edificación, doméstico y servicios, la finalidad de este documento es el ahorro de energía.

### Evolución de las emisiones CO<sub>2</sub> en España

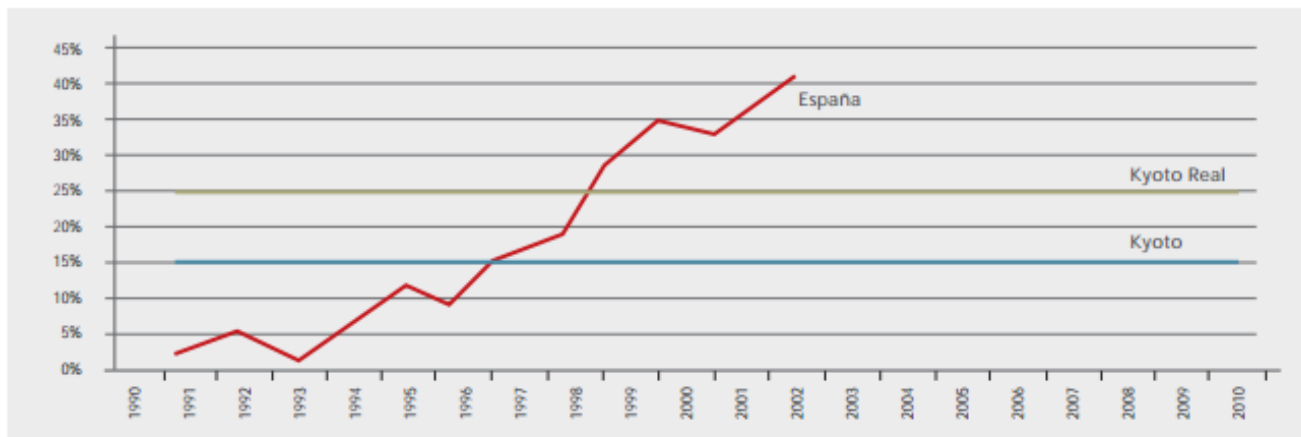


Ilustración 13: Comparación de las emisiones de CO<sub>2</sub> con el protocolo de Kyoto

La modificación del CTE prevé un ahorro energético por edificio de entre un 30% y un 40%, además de la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> entre un 40% y 50%, según el Instituto para la Diversificación y el Ahorro Energético (IDAE).

El Código Técnico aprobó estas modificaciones el 17 de marzo de 2006 y son de obligado cumplimiento todo lo referente al ahorro de energía y aislamiento térmico (DB-HE) y la seguridad en caso de incendio para edificios de nueva construcción y obras de ampliación, modificación, o reforma.

Para este caso, nos centraremos en lo relacionado con la eficiencia energética y aislamiento térmico. Por ello resumiré los aspectos más destacados de la norma. Para más ampliación sólo hay que consultar el CTE<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Código técnico de la edificación: A consultar sobre la eficiencia energética en:  
[http://www.codigotecnico.org/cte/export/sites/default/web/galerias/archivos/DB\\_HE\\_abril\\_2009.pdf](http://www.codigotecnico.org/cte/export/sites/default/web/galerias/archivos/DB_HE_abril_2009.pdf)

## HE 1 LIMITACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA

Establece los varemos de la transmitancia térmica (U) de todos los elementos constructivos que componen la fachada del edificio, por donde existe más pérdidas o ganancias caloríficas, en función de la irradiación solar, sombras, orientación y emplazamiento del edificio. También estipula la transmitancia de las particiones interiores horizontales y verticales entre viviendas.

Es aplicable a todos los edificios de nueva construcción y a la rehabilitación de más de 1000 m<sup>2</sup> con más de un 25% de los cerramientos rehabilitados.

Los sistemas pasivos se basan en la elección de aislantes de baja conductividad térmica y materiales de construcción de gran inercia térmica, para amortiguar térmicamente la acción meteorológica sobre el edificio. La selección de vidrios de baja emisividad, carpinterías con rotura de puente térmico, reflectantes, etc. ayudan a la reducción de la demanda energética.

La inversión de la mejora del aislamiento térmico (mayor espesor) siempre irá seguida de un ahorro energético, pudiendo llegar a compensar las pérdidas ocasionadas por otros elementos que estén presentes en la envolvente térmica.

Los pasos a seguir son:

1. **Elección de la zona climática:** se trata de definir la zona correspondiente a la localidad donde se vaya a construir el edificio, buscando la altitud de la localidad y referenciándola a la capital de provincia.

Mapa Nacional de Zonas Climáticas

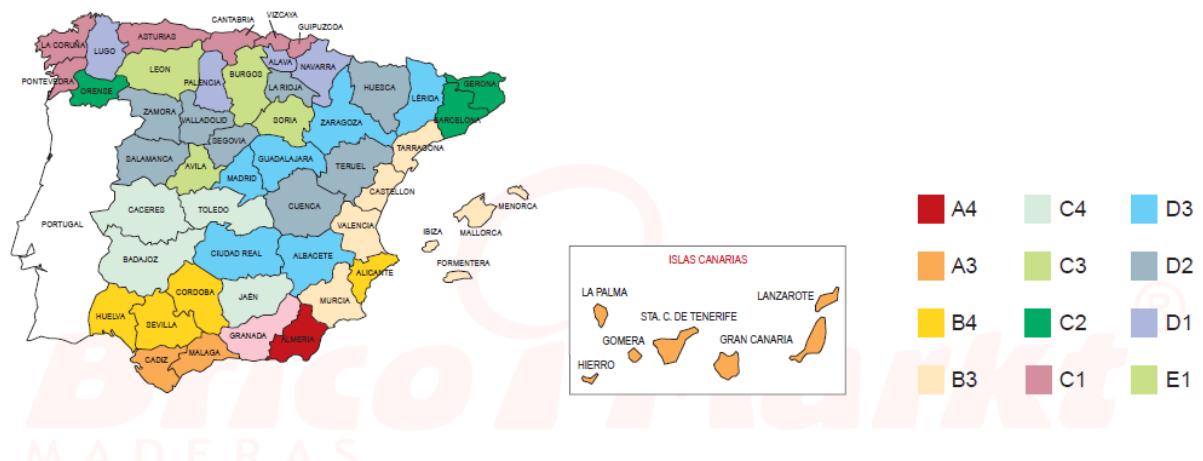


Ilustración 14: Mapa de zonas climáticas

Donde la letra determina la dureza del invierno (A= invierno suave,...E= inviernos duros) y el número establece la intensidad climática del verano (1= suave,..., 4= fuerte)

Con ello establecemos una tabla por comunidades y su referencia:

Tabla 2: Asignación del tipo de zona según altitud

Capitales de provincia y ciudades autónomas	Capital	Altitud de la capital (m)	Desnivel entre la localidad y la capital de su provincia (m)				
			>200<400	>400<600	>600<800	>800<1000	>1000
Albacete	D3	677	D2	E1	E1	E1	E1
Alicante	B4	7	C3	C1	D1	D1	E1
Almería	A4	0	B3	B3	C1	C1	D1
Ávila	E1	1054	E1	E1	E1	E1	E1
Badajoz	C4	168	C3	D1	D1	E1	E1
Barcelona	C2	1	C1	D1	D1	E1	E1
Bilbao	C1	19	D1	D1	E1	E1	E1
Burgos	E1	861	E1	E1	E1	E1	E1
Cáceres	C4	385	D3	D1	E1	E1	E1
Cádiz	A3	0	B3	B3	C1	C1	D1
Castellón de la Plana	B3	18	C2	C1	D1	D1	E1
Ceuta	B3	0	B3	C1	C1	D1	D1
Ciudad Real	D3	630	D2	E1	E1	E1	E1
Córdoba	B4	113	C3	C2	D1	D1	E1
Coruña (a)	C1	0	C1	D1	D1	E1	E1
Cuenca	D2	975	E1	E1	E1	E1	E1
Donostia - San Sebastián	C1	5	D1	D1	E1	E1	E1
Girona	C2	143	D1	D1	E1	E1	E1
Granada	C3	754	D2	D1	E1	E1	E1
Guadalajara	D3	708	D1	E1	E1	E1	E1
Huelva	B4	50	B3	C1	C1	D1	D1
Huesca	D2	432	E1	E1	E1	E1	E1
Jaén	C4	436	C3	D2	D1	E1	E1
León	E1	346	E1	E1	E1	E1	E1
Lleida	D3	131	D2	E1	E1	E1	E1
Logroño	D2	379	D1	E1	E1	E1	E1
Lugo	D1	412	E1	E1	E1	E1	E1
Madrid	D3	589	D1	E1	E1	E1	E1
Málaga	A3	0	B3	C1	C1	D1	D1
Meillia	A3	130	B3	B3	C1	C1	D1
Murcia	B3	25	C2	C1	D1	D1	E1
Orense	C2	327	D1	E1	E1	E1	E1
Oviedo	C1	214	D1	D1	E1	E1	E1
Palencia	D1	722	E1	E1	E1	E1	E1
Palma de Mallorca	B3	1	B3	C1	C1	D1	D1
Palmas de Gran Canaria (las)	A3	114	A3	A3	A3	B3	B3
Pamplona	D1	456	E1	E1	E1	E1	E1
Pontevedra	C1	77	C1	D1	D1	E1	E1
Salamanca	D2	770	E1	E1	E1	E1	E1
Santa Cruz de Tenerife	A3	0	A3	A3	A3	B3	B3
Santander	C1	1	C1	D1	D1	E1	E1
Segovia	D2	1013	E1	E1	E1	E1	E1
Sevilla	B4	9	B3	C2	C1	D1	E1
Soria	E1	984	E1	E1	E1	E1	E1
Tarragona	B3	1	C2	C1	D1	D1	E1
Teruel	D2	995	E1	E1	E1	E1	E1
Toledo	C4	445	D3	D2	E1	E1	E1
Valencia	B3	8	C2	C1	D1	D1	E1
Valladolid	D2	704	E1	E1	E1	E1	E1
Vitoria - Gasteiz	D1	512	E1	E1	E1	E1	E1
Zamora	D2	617	E1	E1	E1	E1	E1
Zaragoza	D3	207	D2	E1	E1	E1	E1

A una localidad de la provincia de Lérida situada a una altitud de 900 m le corresponde la zona climática: E1

Altura localidad-Altura de referencia = Zona climática

Con la elección de la zona, y su clasificación se estipulan unos valores de transmitancia térmica máxima (U<sub>Mlim</sub>):

Tabla 3: valores de transmitancia térmica

ZONA CLIMÁTICA Capital de Provincia	CUBIERTAS	FACHADAS	MEDIANERÍAS	SUELOS
A4	0.50	0.94	0.94	0.53
A3	0.50	0.94	0.94	0.53
B4	0.45	0.82	0.82	0.52
B3	0.45	0.82	0.82	0.52
C4	0.41	0.73	0.73	0.50
C3	0.41	0.73	0.73	0.50
C2	0.41	0.73	0.73	0.50
C1	0.41	0.73	0.73	0.50
D3	0.38	0.66	0.66	0.49
D2	0.38	0.66	0.66	0.49
D1	0.38	0.66	0.66	0.49
E1	0.35	0.57	0.57	0.48

2. **Definir los elementos de las envolventes térmicas:** compuesta por todos los cerramientos que limitan los espacios donde se puede habitar del exterior, y todas las particiones interiores que limitan los espacios habitables con los no habitables que a su vez contacten con el exterior.

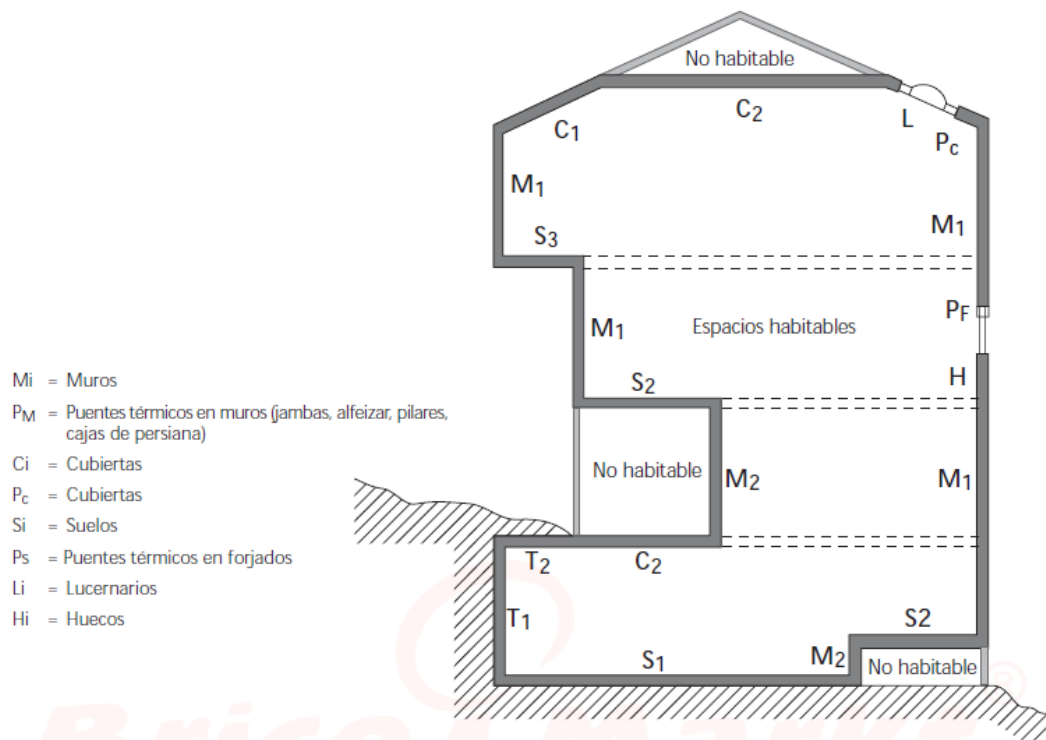


Ilustración 15: Definición de los elementos de una vivienda

3. **Elemento por elemento definir el aislamiento térmico:** se aplicará los valores de transmitancia límite según las siguientes tablas:

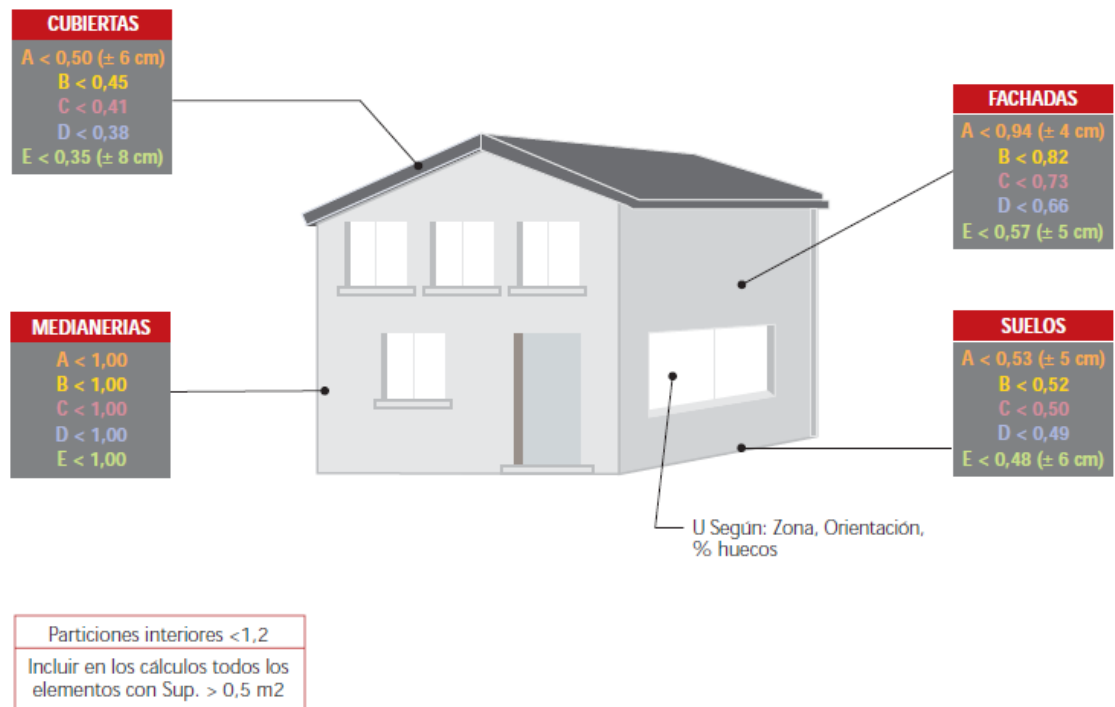


Ilustración 16: Valores Límites

## HE 2: RENDIMIENTO DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS

Establece el rendimiento y eficiencia energética de los sistemas de calefacción y climatización del edificio, regulado por el RITE (Reglamento de las Instalaciones Térmicas en Edificios). Esta normativa se complementa con HE 4.

## HE 3: EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN

Estipula los Valores Límite de Eficiencia Energética de la Instalación (VEEI), índices de deslumbramiento para racionalizar la disposición de puntos de luz, aprovechamiento de la luz natural, iluminancia media horizontal sobre el lugar de trabajo.

**Tabla 4: Valores límites de consumo según tipo de establecimiento**

grupo	Zonas de actividad diferenciada	VEEI límite
<b>1</b> zonas de no representación	administrativo en general	3,5
	andenes de estaciones de transporte	3,5
	salas de diagnóstico <sup>(4)</sup>	3,5
	pabellones de exposición o ferias	3,5
	aulas y laboratorios <sup>(2)</sup>	4,0
	habitaciones de hospital <sup>(3)</sup>	4,5
	recintos interiores asimilables a grupo 1 no descritos en la lista anterior	4,5
	zonas comunes <sup>(1)</sup>	4,5
	almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	5
	aparcamientos	5
	espacios deportivos <sup>(5)</sup>	5
<b>2</b> zonas de representación	administrativo en general	6
	estaciones de transporte <sup>(6)</sup>	6
	supermercados, hipermercados y grandes almacenes	6
	bibliotecas, museos y galerías de arte	6
	zonas comunes en edificios residenciales	7,5
	centros comerciales (excluidas tiendas) <sup>(8)</sup>	8
	hostelería y restauración <sup>(9)</sup>	10
	recintos interiores asimilables a grupo 2 no descritos en la lista anterior	10
	religioso en general	10
	salones de actos, auditorios y salas de usos múltiples y convenciones, salas de ocio o espectáculo, salas de reuniones y salas de conferencias <sup>(7)</sup>	10
	tiendas y pequeño comercio	10
	zonas comunes <sup>(1)</sup>	10
	habitaciones de hoteles, hostales, etc.	12

#### HE 4: CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA DE AGUA CALIENTE SANITARIA

Establece las instalaciones solares térmicas necesarias para el agua caliente sanitaria. Se tendrá en cuenta el nivel de aislamiento de las tuberías y conductos que pasen por el exterior, por las zonas habitadas y no habitadas, para reducir lo máximo posible la pérdida o ganancia energética.

#### HE 5: CONTRIBUCIÓN FOTOVOLTAICA MÍNIMA DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Establece cual es la contribución mínima de placas fotovoltaicas para la producción de energía obligatoria para edificios de gran superficie, como hipermercados, centros de ocio, naves, hoteles, recintos, etc. Las normas en algunas localidades establecen de forma obligatoria la colocación de una superficie mínima de paneles solares para edificios residenciales plurifamiliares. Pero debido al sombreado procedente de otros edificios y la ubicación, puede que no se consiga cumplir la norma, por lo que deberíamos compensar el déficit de generación con ahorro energético mejorando el aislamiento térmico del edificio.

Estos apartados (HE 4 y HE 5) se verán con más detenimiento en el ejemplo proyectado.



# CAPÍTULO 4: EJEMPLO DE APLICACIÓN

Para entender mejor los conceptos expresados, vamos a proceder a realizar un ejemplo: Un Adosado. Aplicaremos dos análisis:

1. *Análisis y mejora térmica*: veremos todos los aspectos correspondientes a las envolventes del adosado, proporcionando mejoras y mejorando su calificación energética. Además diseñaremos un sistema de producción de ACS mediante paneles solares térmicos
2. *Análisis y mejora eléctrica*: estudiaremos el consumo eléctrico de la vivienda, y diseñaremos el sistema de energía renovable capaz de abastecer a la vivienda.

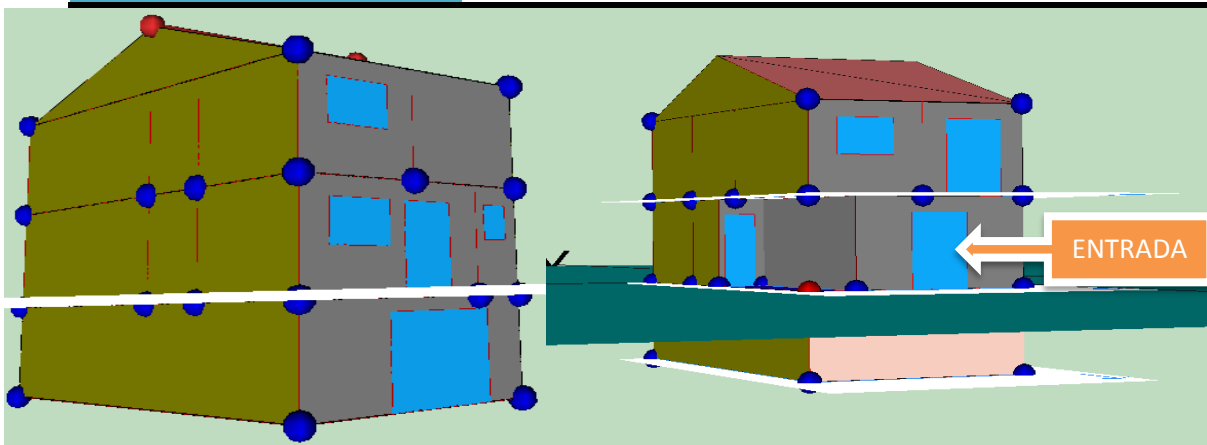
## ANÁLISIS Y MEJORA TÉRMICA

Para este apartado emplearemos una herramienta proporcionada por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo, para la calificación energética de la vivienda: CALENER VyP. Este programa analiza las características constructivas del edificio, proporcionando al usuario los resultados de la calificación energética. Para ello debemos describir el edificio y proporcionar los datos de la envolvente necesarios para la aplicación. Dicha vivienda se encontrará en la Isla del Hierro, que constituye una zona climática A3

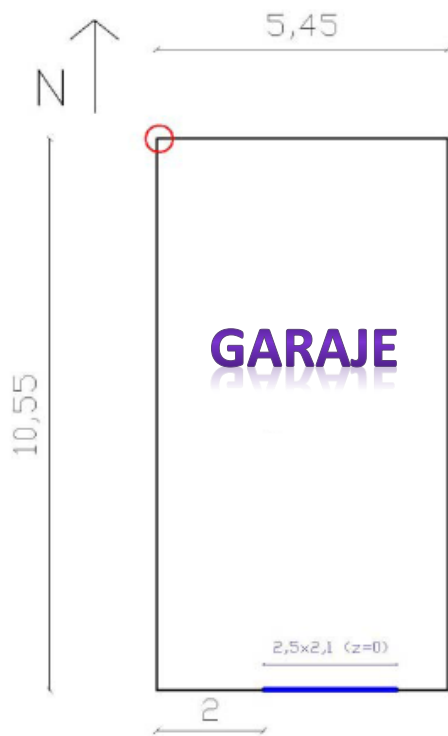
### DESCRIPCIÓN DE LA VIVIENDA

El adosado consta de 4 plantas que describimos a continuación:

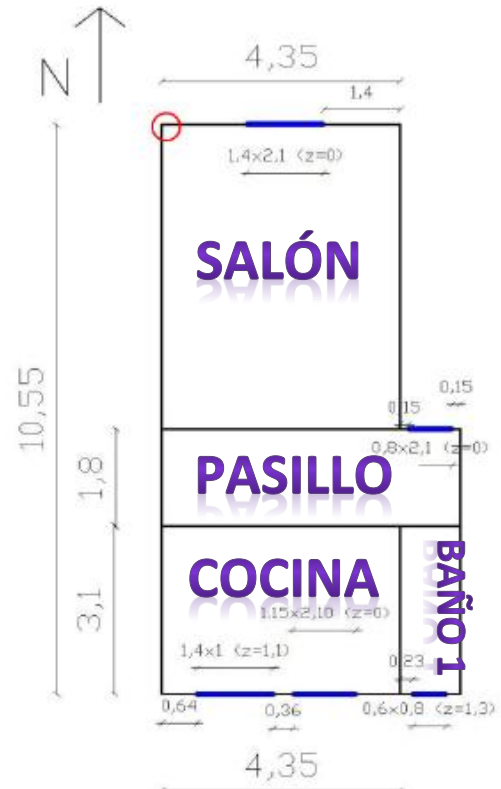
PLANTA	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	Sótano	Garaje. No habitable.
2	Planta baja	Consta de un salón, cocina, un pasillo y un baño.
3	Primera planta	Consta de cuatro dormitorios, un baño y un pasillo.
4	Segunda planta	Buhardilla. No habitable.



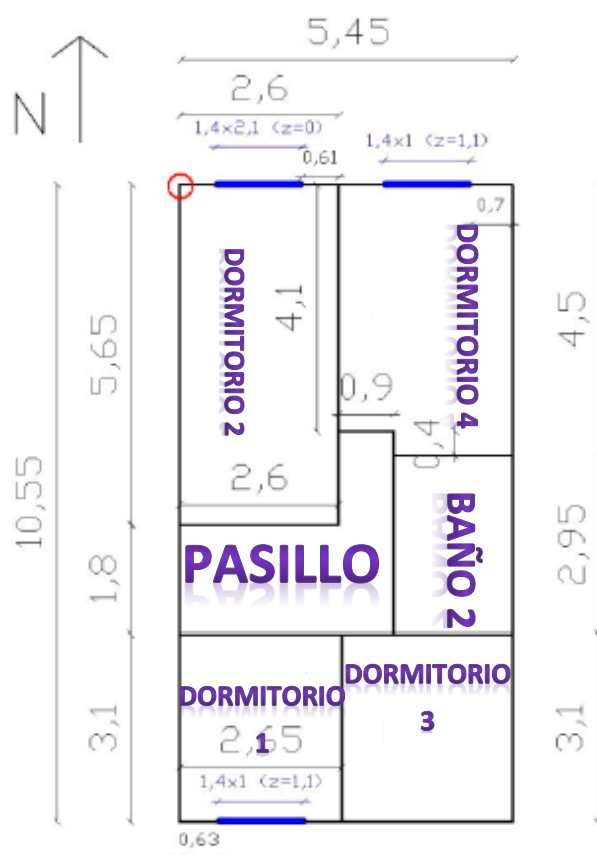




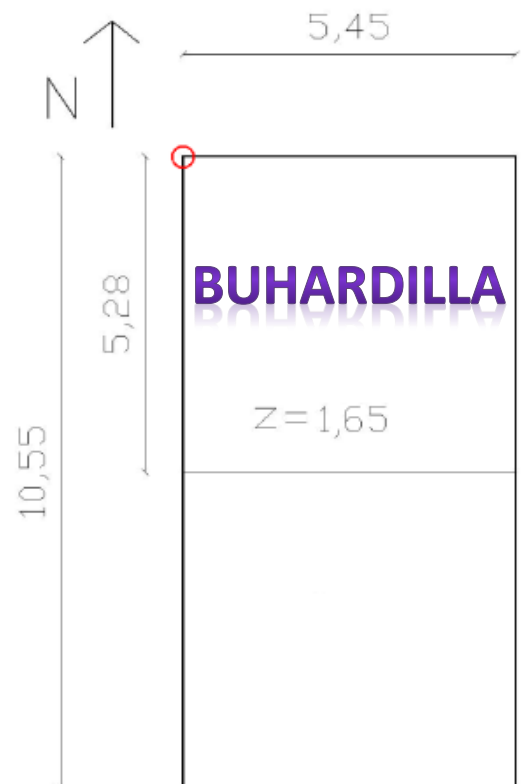
PLANTA PRIMERA



PLANTA SEGUNDA



PLANTA TERCERA



PLANTA CUARTA

## 1. Tabiques

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0.010	0.570	1150	1000	
2	Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm]	0.080	0.432	930	1000	
3	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0.020	0.570	1150	1000	
4						

Grupo Material: Aislantes

Material: EPS Poliestireno Expandido [ 0.037 W/[mK]]

0.020 Espesor (m)

Añadir Cambiar Eliminar Subir Bajar

U 2.45 W/(m²K)

Aceptar

Ilustración 17: Especificaciones para los tabiques

## 2. Cubierta

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Azulejo cerámico	0.010	1.300	2300	840	
2	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0.010	0.550	1125	1000	
3	Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm]	0.060	0.432	930	1000	
4	EPS Poliestireno Expandido [ 0.037 W/[mK]]	0.080	0.038	30	1000	
5	Hormigón en masa 2000 < d < 2300	0.210	1.650	2150	1000	
6	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0.020	0.570	1150	1000	
7						

Grupo Material: Aislantes

Material: EPS Poliestireno Expandido [ 0.037 W/[mK]]

0.020 Espesor (m)

Añadir Cambiar Eliminar Subir Bajar

U 0.38 W/(m²K)

Aceptar

Ilustración 18: Especificaciones para las cubiertas

### 3. Medianera

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	1/2 pie LM métrico o catalán 40 mm < G < 50 mm	0.115	0.991	2170	1000	
2	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0.010	0.550	1125	1000	
3	EPS Poliestireno Expandido [ 0.037 W/[mK]]	0.020	0.038	30	1000	
4	Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm]	0.060	0.432	930	1000	
5	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0.010	0.570	1150	1000	
6						

Grupo Material:

Material:

Espesor (m):

Añadir Cambiar Eliminar Subir Bajar

U:  W/(m²K)

Aceptar

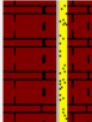


Ilustración 19: Especificaciones para medianera

### 4. Forjado Terreno

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Azulejo cerámico	0.030	1.300	2300	840	
2	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0.010	0.550	1125	1000	
3	Hormigón en masa 2000 < d < 2300	0.210	1.650	2150	1000	
4	Tierra vegetal [d < 2050]	0.350	0.520	2000	1840	
5						

Grupo Material:

Material:

Espesor (m):

Añadir Cambiar Eliminar Subir Bajar

U:  W/(m²K)

Aceptar

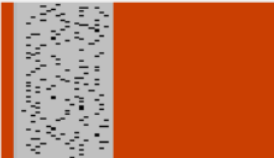


Ilustración 20: Especificaciones para Forjado de Terreno

## 5. Forjado Interno

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Azulejo cerámico	0.030	1.300	2300	840	
2	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0.010	0.550	1125	1000	
3	EPS Poliestireno Expandido [ 0.037 W/[mK]]	0.050	0.038	30	1000	
4	Hormigón en masa 2000 < d < 2300	0.210	1.650	2150	1000	
5	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0.010	0.570	1150	1000	
6						

Grupo Material:

Material:   Espesor (m)

U  W/(m²K)

Ilustración 21: Especificaciones para el Forjado interno

## 6. Acristalamiento

Se disponen de vidrios simples con rotura de puente térmico

Grupo:

Nombre:

Propiedades:

Transmitancia térmica (U)  W/m²K

Factor Solar (g)  Adimensional

Ilustración 22: Características del acristalamiento

Nombre	U (W/m²K)	Factor solar
VER_ML_331	5,60	0,85
madera	2,20	0,01

Tabla 5: Factores para los materiales de las ventanas y puertas

## EQUIPO

**Equipo caldera eléctrica o combustible**

Nombre

Propiedades básicas | Propiedades avanzadas

Capacidad Total  kW

Rendimiento nominal

Tipo energía

El sistema consta de una caldera convencional de gas natural

Ilustración 23: Especificaciones de la caldera

## SISTEMA MIXTO (CALEFACCIÓN Y ACS)

Nombre	S_mixto
Tipo	Sistema mixto
Nombre Equipo	EQ_Caldera-Convencional-Defecto
Tipo Equipo	Caldera eléctrica o de combustible
Nombre unidad terminal	UT_AguaCaliente_salon
Zona asociada	P02_E04
Nombre unidad terminal	UT_AguaCaliente_Dormitorio1
Zona asociada	P03_E03
Nombre unidad terminal	UT_AguaCaliente_Dormitorio2
Zona asociada	P03_E04
Nombre unidad terminal	UT_AguaCaliente_Dormitorio3
Zona asociada	P03_E01
Nombre unidad terminal	UT_AguaCaliente_Dormitorio4
Zona asociada	P03_E02
Nombre unidad terminal	UT_AguaCaliente_Cocina
Zona asociada	P02_E03
Nombre unidad terminal	UT_AguaCaliente_Bano1
Zona asociada	P02_E01
Nombre unidad terminal	UT_AguaCaliente_Bano2
Zona asociada	P03_E05
Nombre demanda ACS	DemandaACS
Nombre equipo acumulador	ninguno
Porcentaje abastecido con energía solar	0,00
Temperatura impulsión del ACS (°C)	50,0
Temp. impulsión de la calefacción(°C)	80,0

El sistema consta de la instalación de calefacción y ACS para: el salón, cocina, baño planta baja, los cuatro dormitorios, y el baño de la planta 2. No dispone de ningún abastecimiento de solar-térmica, por lo que todo el calor lo proporciona la caldera. Además no hay sistemas de enfriado.

Tabla 6: Estructura del sistema de climatización de la vivienda

### UNIDADES TERMINALES

Nombre	UT_AguaCaliente_Dormitorio2
Tipo	U.T. De Agua Caliente
Zona abastecida	P03_E04
Capacidad o potencia máxima (kW)	2,00
Tipo	U.T. De Agua Caliente
Zona abastecida	P03_E03
Capacidad o potencia máxima (kW)	2,00

Nombre	UT_AguaCaliente_salon
Tipo	U.T. De Agua Caliente
Zona abastecida	P02_E04
Capacidad o potencia máxima (kW)	4,00

Nombre	UT_AguaCaliente_Dormitorio3
Tipo	U.T. De Agua Caliente
Zona abastecida	P03_E01
Capacidad o potencia máxima (kW)	2,00

Nombre	UT_AguaCaliente_Dormitorio4
Tipo	U.T. De Agua Caliente
Zona abastecida	P03_E02
Capacidad o potencia máxima (kW)	2,00

Nombre	UT_AguaCaliente_Cocina
Tipo	U.T. De Agua Caliente
Zona abastecida	P02_E03
Zona abastecida	P02_E01
Capacidad o potencia máxima (kW)	2,00

Nombre	UT_AguaCaliente_Bano2
Tipo	U.T. De Agua Caliente
Zona abastecida	P03_E05
Capacidad o potencia máxima (kW)	2,00

Tabla 7: distribución de las unidades terminales

## RESULTADOS

Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	Edificio Objeto			Edificio Referencia		
<div> <div>&lt;4,1 A</div> <div>4,1-7,9 B</div> <div>7,9-13,3 C</div> <div>13,3-21,4 D</div> <div>&gt;21,4 E</div> <div>F</div> <div>G</div> </div>	10,9 C			9,2 C		
	Clase	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año	Clase	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año
Demanda calefacción	A	0,0	0,0	A	0,0	0,0
Demanda refrigeración	B	11,7	1923,9	B	12,0	1973,2
	Clase	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /año	Clase	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /año
Emisiones CO <sub>2</sub> calefacción	A	0,0	0,0	A	0,0	0,0
Emisiones CO <sub>2</sub> refrigeración	C	6,8	1118,2	C	7,0	1151,0
Emisiones CO <sub>2</sub> ACS	E	4,1	674,2	D	2,2	361,8
Emisiones CO <sub>2</sub> totales			1792,3			1512,8

### Datos para la etiqueta de eficiencia energética

	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	por metro cuadrado	anual	por metro cuadrado	anual
Consumo energía final (kWh)	26,9	4428,4	15,8	2597,4
Consumo energía primaria (kWh)	43,4	7140,1	31,9	5250,1
Emisiones CO <sub>2</sub> (kgCO <sub>2</sub> )	10,9	1792,3	9,2	1512,8

	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
Demandas	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año
Calefacción	0,0	0,0	0,0	0,0
Refrigeración	11,7	1923,9	12,0	1973,2

	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
Consumos Energía Final	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año
Calefacción	0,0	0,0	0,0	0,0
Refrigeración	6,9	1140,0	7,1	1160,1
ACS	20,0	3288,4	8,7	1437,2
Total	26,9	4428,4	15,8	2597,4

	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
Consumos Energía Primaria	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año
Calefacción	0,0	0,0	0,0	0,0
Refrigeración	23,2	3815,6	23,9	3924,8
ACS	20,2	3324,6	8,1	1325,4
Total	43,4	7140,1	31,9	5250,1

	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
Emisiones	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /año	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /año
Calefacción	0,0	0,0	0,0	0,0
Refrigeración	6,8	1118,2	7,0	1151,0
ACS	4,1	674,2	2,2	361,8
Total	10,9	1792,3	9,2	1512,8

Tabla 8: Resultados obtenidos

Como podemos observar la calificación energética obtenida es una clase C. Aunque no es una mala calificación, podemos manifestar que un edificio de referencia que se aproxima a nuestras condiciones obtiene mejor calificación. Como ya he explicado antes la idea es mejorar la instalación para que sea eficiente y además no incluya altísimos costes de remodelación.

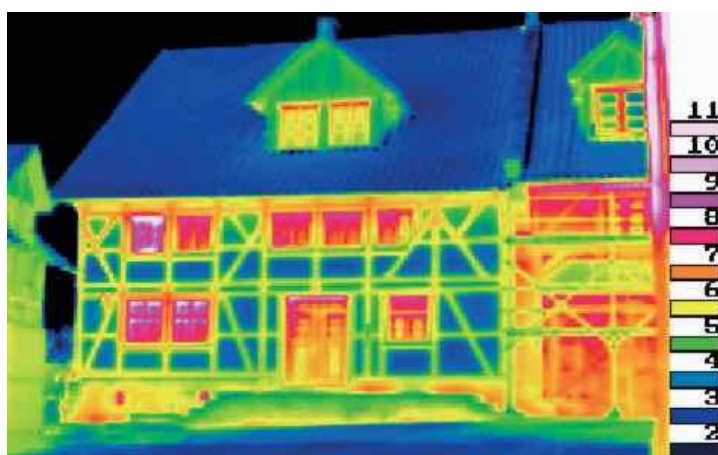


Ilustración 24: Imagen termográfica de una vivienda

Uno de los aspectos importantes, es la pérdida de calor a través de la superficie. Gran parte del calor contenido se escapa por el mal aislamiento (Ilustración 24). Pero también tenemos que considerar que una remodelación de aislamiento resultaría costosa y poco viable. Para ello planteamos la situación de mejorar las ventanas. Como podemos ver por ellas se escapa gran cantidad de energía calorífica, así que mejorando este punto

podríamos mejorar la climatización del hogar. Comprobaremos como este simple cambio, puede contribuir a mejorar la eficiencia.



## MEJORA 1: MEJORA DE LAS VENTANAS

Los aislamientos y el sistema de calefacción son los mismos que los descritos anteriormente, mientras que antes las ventanas eran de vidrio simple con rotura térmica, los modificaremos a vidrio doble: Estos presentan menor transmitancia térmica, por lo que ayuda a aislar el interior de la vivienda mejor.

Grupo Dobles en posición vertical

Nombre VER\_DC\_4-12-4

Propiedades

Transmitancia térmica (U) 2,80 W/m²K

Factor Solar (g) 0,750 Adimensional

Ilustración 25: Características del doble acristalamiento

Nombre	U (W/m²K)	Factor solar
VER_DC_4-12-4	2,80	0,75
madera	2,20	0,01

Tabla 9: Factores para los materiales de ventanas y puertas

Y volvemos a calificar la vivienda:

Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO <sub>2</sub> /m²	Edificio Objeto	Edificio Referencia
<div> <div>&lt;4,1 A</div> <div>4,1-7,9 B</div> <div>7,9-13,3 C</div> <div>13,3-21,4 D</div> <div>&gt;21,4 E</div> <div>F</div> <div>G</div> </div>	10,1 C	6,1 B
	Clase kWh/m² kWh/año	Clase kWh/m² kWh/año
Demanda calefacción	A 0,0 0,0	A 0,0 0,0
Demanda refrigeración	A 10,2 1677,2	A 6,8 1118,2
	Clase kgCO <sub>2</sub> /m² kgCO <sub>2</sub> /año	Clase kgCO <sub>2</sub> /m² kgCO <sub>2</sub> /año
Emisiones CO <sub>2</sub> calefacción	A 0,0 0,0	A 0,0 0,0
Emisiones CO <sub>2</sub> refrigeración	C 6,0 986,6	A 3,9 641,3
Emisiones CO <sub>2</sub> ACS	E 4,1 674,2	D 2,2 361,8
Emisiones CO <sub>2</sub> totales		1660,8 1003,1

Datos para la etiqueta de eficiencia energética

	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	por metro cuadrado	anual	por metro cuadrado	anual
Consumo energía final (kWh)	26,1	4290,2	12,7	2091,8
Consumo energía primaria (kWh)	40,6	6677,5	21,5	3539,9
Emisiones CO <sub>2</sub> (kgCO <sub>2</sub> )	10,1	1660,8	6,1	1003,1

	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
Demandas	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año
Calefacción	0,0	0,0	0,0	0,0
Refrigeración	10,2	1677,2	6,8	1118,2

	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
Consumos Energía Final	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año
Calefacción	0,0	0,0	0,0	0,0
Refrigeración	6,1	1001,8	4,0	654,6
ACS	20,0	3288,4	8,7	1437,2
Total	26,1	4290,2	12,7	2091,8

	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
Consumos Energía Primaria	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año
Calefacción	0,0	0,0	0,0	0,0
Refrigeración	20,4	3353,0	13,5	2214,5
ACS	20,2	3324,6	8,1	1325,4
Total	40,6	6677,5	21,5	3539,9

	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
Emisiones	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /año	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /año
Calefacción	0,0	0,0	0,0	0,0
Refrigeración	6,0	986,6	3,9	641,3
ACS	4,1	674,2	2,2	361,8
Total	10,1	1660,8	6,1	1003,1

Tabla 10: resultados obtenidos con la mejora de ventanas

Visualizando el resultado, podemos concluir que esto ha llevado a una mejora sobre el término referido a refrigeración. Con ello hemos disminuido la demanda, y por ello consumiremos menos para lograr el mismo objetivo

MODIFICACIÓN	DEMANDA	CONSUMO E. FINAL kWh/m <sup>2</sup>	CONSUMO E. PRIMARIA kWh/m <sup>2</sup>	EMISIONES kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
VIDRIO ROTURA SIMPLE	11.7	6.9	23.2	6.8
VIDRIO DOBLE	10.2	6.1	20.4	6

Tabla 11: Comparación de resultados

## MEJORA 2: MEJORA DE LA CALDERA Y SUELOS RADIANTES

Ahora, daremos un paso más. La mejora de ACS vendrá de la mano de la caldera, y la forma en la que dispongamos los radiadores. Para ello recurriremos a una caldera por condensación (Una caldera de condensación es un artefacto que produce agua caliente a baja temperatura 40-60°C, con un alto rendimiento y bajas emisiones de CO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>.) ya que los sistemas por superficies radiantes (Simplemente se basa en trasladar los radiadores al suelo, de esta forma, como el aire caliente asciende, mantenemos la casa aclimatada de manera eficiente) trabajan en calefacción a una temperatura baja de impulsión, con seis plantas enfriadoras y seis unidades terminales de agua caliente, satisfacen las necesidades de calefacción y refrigeración de los distintos espacios.

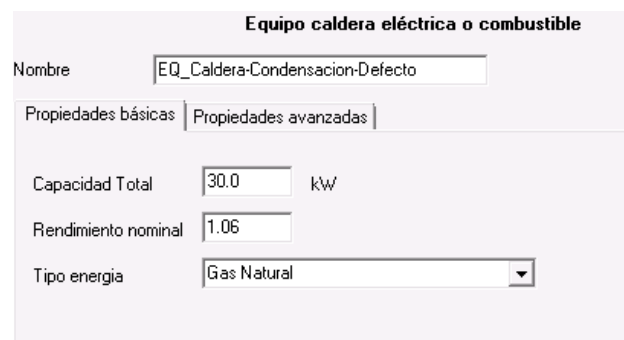


Como el programa no dispone de estos sistemas, lo que tenemos que hacer es modelarlos, para ello:

1. Los paneles radiantes se asemejaran con una unidad terminal de agua caliente.
2. Para suministrar la demanda de refrigeración, se establecerá un equipo de rendimiento constante.

### EQUIPO

- *Caldera de condensación*



Equipo caldera eléctrica o combustible	
Nombre	EQ_Caldera-Condensacion-Defecto
Propiedades básicas   Propiedades avanzadas	
Capacidad Total	30.0 kW
Rendimiento nominal	1.06
Tipo energía	Gas Natural

Ilustración 26: Características de la caldera e condensación

- *Enfriadora*: todas de las mismas características, para cada uno de los espacios acondicionados( salón, cocina, dormitorio 1,2,3,4)

Dado que los secundarios a los que alimentará este equipo son de alta temperatura en refrigeración, tendremos que reflejar la mejora de rendimiento. Para ello el EER se debe calcular como:

$$EER = EER_{nominal} \cdot f_c$$

El factor de corrección se debe obtener de la gráfica, dependiendo de la temperatura real de impulsión: la definimos para una temperatura de 16°C

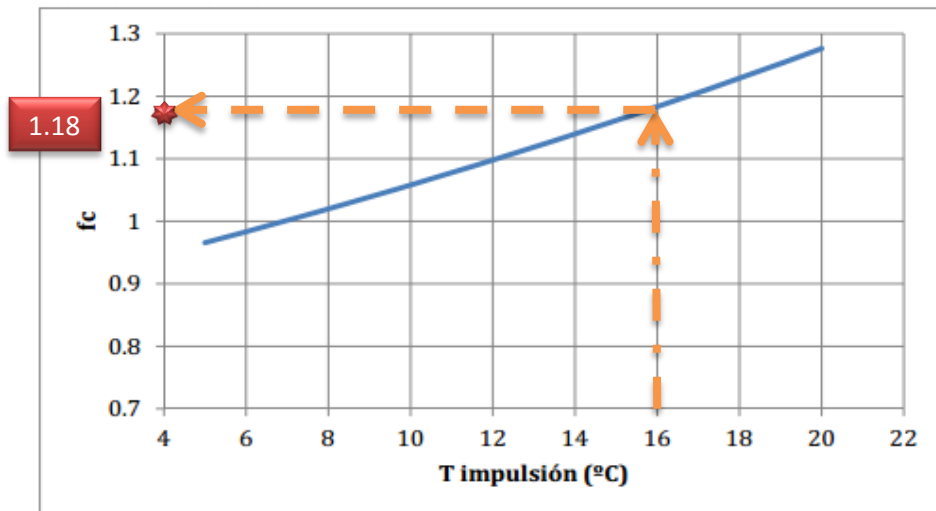


Ilustración 27: Rendimiento de la enfriadora según temperatura de impulsión

Por lo que el EER:

$$EER = EER_{nominal} \cdot fc = 2.2 \cdot 1.18 = 2.6$$

**Equipo ideal de rendimiento constante**

Nombre:

¿El equipo suministra calefacción? ☐ Sí ☒ No

Rendimiento de calefacción:

Tipo energía calefacción:

¿El equipo suministra refrigeración? ☒ Sí ☐ No

Rendimiento de refrigeración:

Tipo energía refrigeración:

Ilustración 28: Definición del equipo de refrigeración

### UNIDADES TERMINALES

- Para el salón y cocina: 4KW
- Dormitorios y baños(cada uno): 2KW

**Unidad terminal agua caliente**

Nombre:

Capacidad nominal:  kW

**Unidad terminal agua caliente**

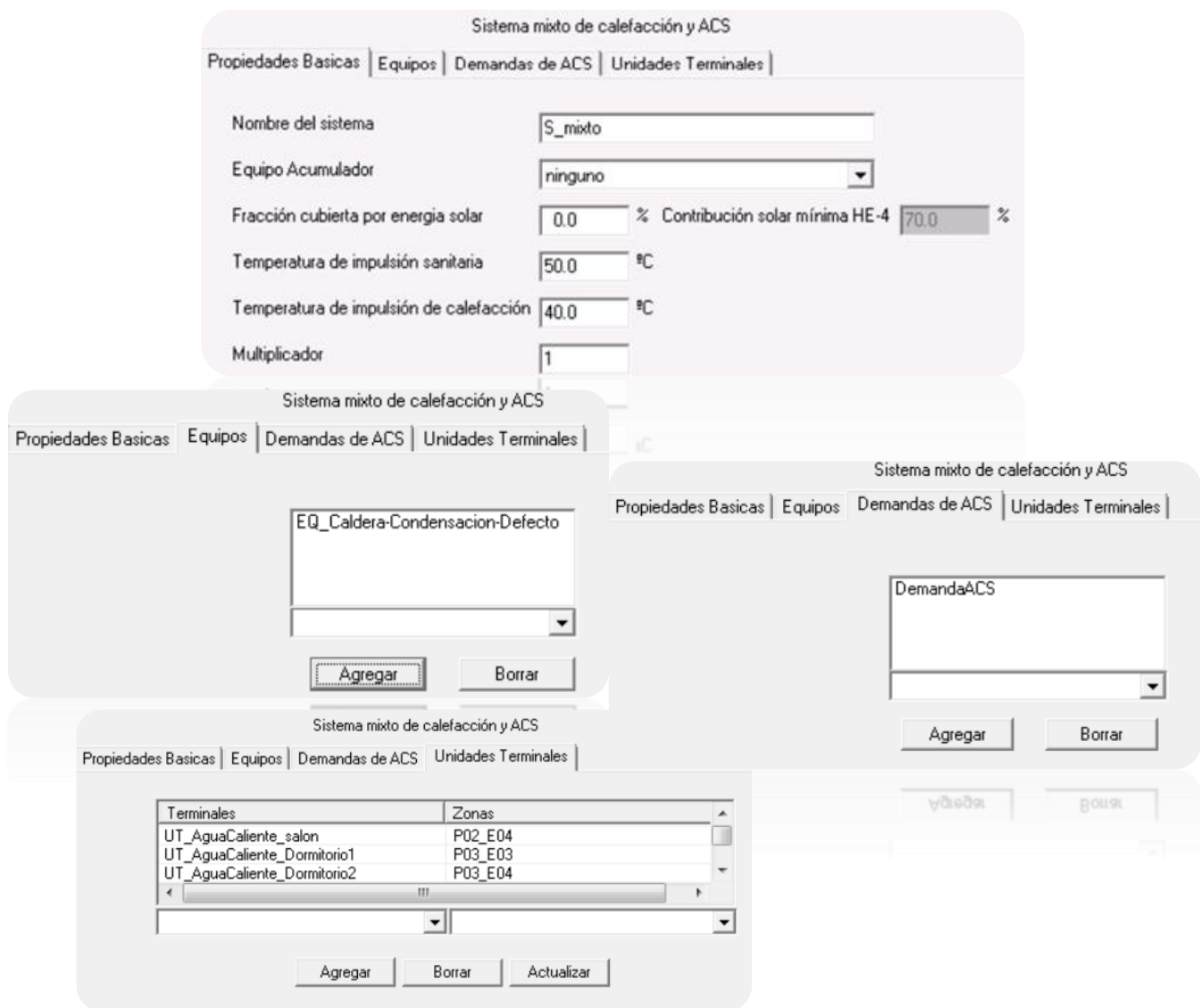
Nombre:

Capacidad nominal:  kW

Ilustración 29: Diseño de las unidades terminales

En total se dispondrán de 8 unidades terminales.

### SISTEMA MIXTO (CALEFACCIÓN Y ACS)

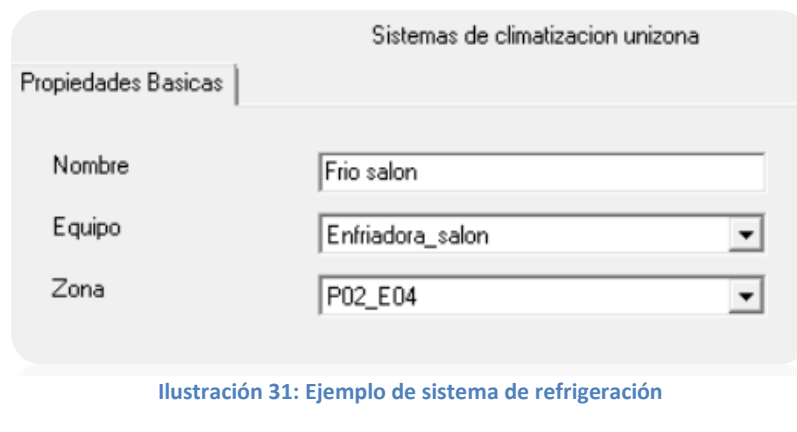


The image shows three overlapping screenshots of the 'Sistema mixto de calefacción y ACS' software interface. The top screenshot shows the 'Propiedades Basicas' tab with fields for 'Nombre del sistema' (S\_mixto), 'Equipo Acumulador' (ninguno), 'Fracción cubierta por energía solar' (0.0), 'Temperatura de impulsión sanitaria' (50.0 °C), 'Temperatura de impulsión de calefacción' (40.0 °C), and 'Multiplicador' (1). The middle-left screenshot shows the 'Equipos' tab with a list of equipment including 'EQ\_Caldera-Condensacion-Defecto'. The middle-right screenshot shows the 'Demandas de ACS' tab with a list of demands including 'DemandaACS'. The bottom screenshot shows the 'Unidades Terminales' tab with a table of terminals and zones.

Terminales	Zonas
UT_AguaCaliente_salon	P02_E04
UT_AguaCaliente_Dormitorio1	P03_E03
UT_AguaCaliente_Dormitorio2	P03_E04

Ilustración 30: Composición del sistema mixto

Ahora añadiremos el sistema de climatización: este deberá de generarse por cada zona que queremos climatizar



The image shows a screenshot of the 'Sistemas de climatizacion unizona' software interface. The 'Propiedades Basicas' tab is active, showing fields for 'Nombre' (Frio salon), 'Equipo' (Enfriadora\_salon), and 'Zona' (P02\_E04).

Ilustración 31: Ejemplo de sistema de refrigeración

Así una vez conseguido estos pasos disponemos de la siguiente instalación:

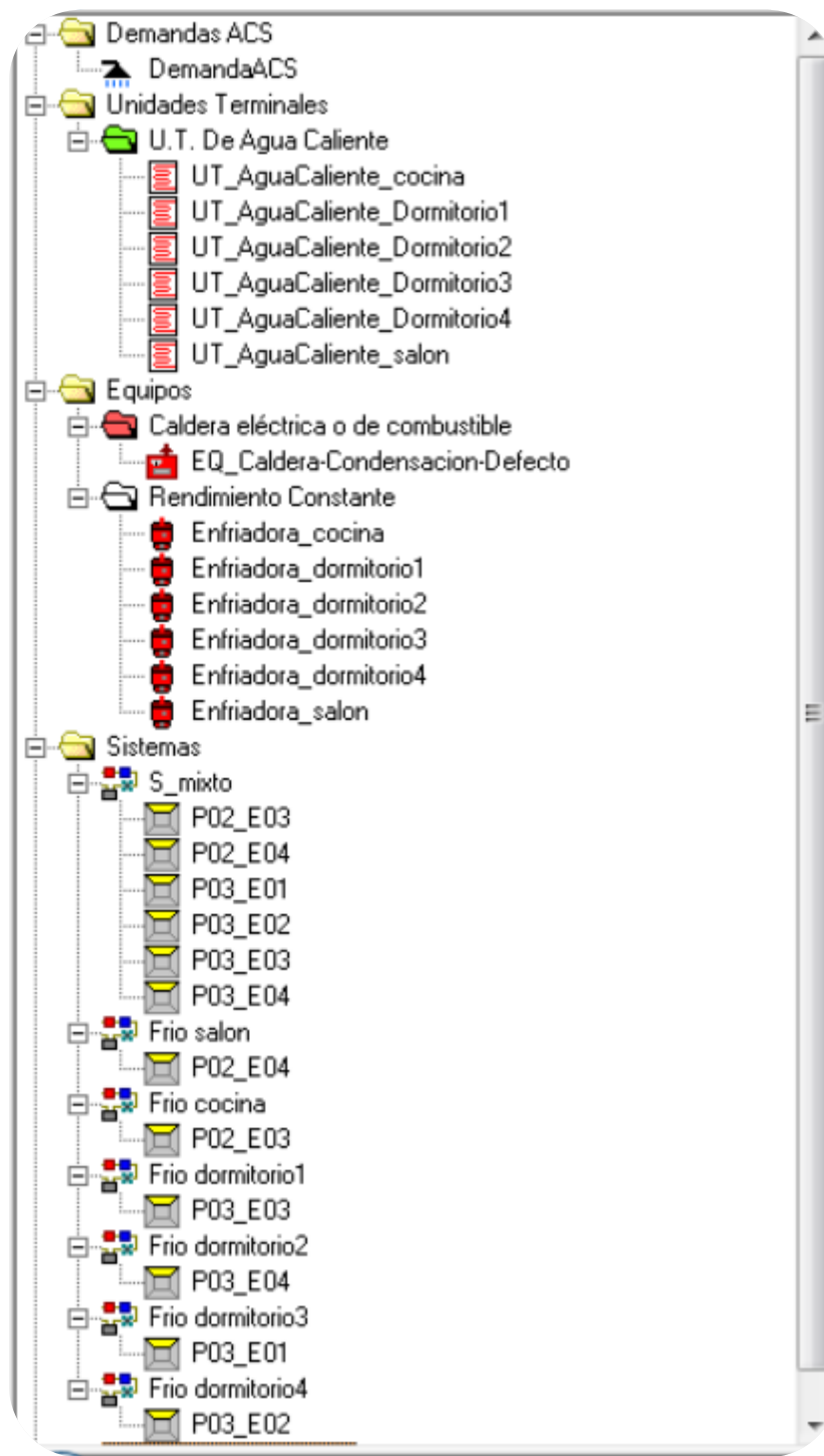


Ilustración 32: Esquema general de la vivienda



Una vez conseguido estos pasos, procederemos a la calificación de la vivienda:

Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	Edificio Objeto			Edificio Referencia		
<4,1 A						
4,1-7,9 B	7,8 B			6,1 B		
7,9-13,3 C						
13,3-21,4 D						
>21,4 E						
	Clase	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año	Clase	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año
Demanda calefacción	A	0,0	0,0	A	0,0	0,0
Demanda refrigeración	A	10,2	1677,2	A	6,8	1118,2
	Clase	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /año	Clase	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /año
Emisiones CO <sub>2</sub> calefacción	A	0,0	0,0	A	0,0	0,0
Emisiones CO <sub>2</sub> refrigeración	B	4,7	772,8	A	3,9	641,3
Emisiones CO <sub>2</sub> ACS	E	3,1	509,7	D	2,2	361,8
Emisiones CO <sub>2</sub> totales			1282,6			1003,1

Datos para la etiqueta de eficiencia energética

	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	por metro cuadrado	anual	por metro cuadrado	anual
Consumo energía final (kWh)	20,2	3313,6	12,7	2091,8
Consumo energía primaria (kWh)	31,5	5184,4	21,5	3539,9
Emisiones CO <sub>2</sub> (kgCO <sub>2</sub> )	7,8	1282,6	6,1	1003,1

Como podemos comprobar la mejora es sustancial. La demanda de ACS ha mejorado, aumentando la eficiencia energética. Como podemos observar en los siguientes datos

MODIFICACIÓN	CONSUMO E. FINAL kWh/m <sup>2</sup>	CONSUMO E. PRIMARIA kWh/m <sup>2</sup>	EMISIONES kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
CALDERA ACS	20	20.2	4.1
CALDERA CONDENSACIÓN ACS	15.4	15.6	3.1
CALDERA REFRIGERACIÓN	6.1	20.4	6
CALDERA CONDENSACIÓN REFRIGERACIÓN	4.8	16	4.7

Tabla 12: Comparación de resultados con la mejora de caldera y suelos radiantes



	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
Demandas	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año
Calefacción	0,0	0,0	0,0	0,0
Refrigeración	10,2	1677,2	6,8	1118,2

	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
Consumos Energía Final	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año
Calefacción	0,0	0,0	0,0	0,0
Refrigeración	4,8	785,2	4,0	654,6
ACS	15,4	2528,4	8,7	1437,2
Total	20,2	3313,7	12,7	2091,8

	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
Consumos Energía Primaria	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año
Calefacción	0,0	0,0	0,0	0,0
Refrigeración	16,0	2628,2	13,5	2214,9
ACS	15,6	2556,2	8,1	1325,4
Total	31,5	5184,4	21,5	3539,9

	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
Emisiones	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /año	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /año
Calefacción	0,0	0,0	0,0	0,0
Refrigeración	4,7	772,9	3,9	641,3
ACS	3,1	509,8	2,2	361,8
Total	7,8	1282,6	6,1	1003,1

Tabla 13: Resultados obtenidos con la mejora de caldera y suelos radiantes.

Con esta calificación sería más que aceptable la mejora de la vivienda. Pero como se explicó en el apartado del CTE, por ley, deberíamos de aportar como mínimo el 70% de la demanda de ACS a través de paneles térmicos. Como buscamos un edificio de balance energético cero, aportaremos el 100% de la energía a través de paneles solares:

### MEJORA 3: PANELES TERMOSOLARES

Sistema mixto de calefacción y ACS

Propiedades Básicas | Equipos | Demandas de ACS | Unidades Terminales

Nombre del sistema: S\_Mixto

Equipo Acumulador: ninguno

Fracción cubierta por energía solar: 100,0 % Contribución solar mínima HE-4: 70,0 %

Temperatura de impulsión sanitaria: 50,0 °C

Temperatura de impulsión de calefacción: 40,0 °C

Multiplicador: 1

Ilustración 33: Instalación del 100% de termosolar

Y la calificación obtenida es la siguiente:

Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	Edificio Objeto			Edificio Referencia		
<4,1 A	4,7 B			6,1 B		
4,1-7,9 B						
7,9-13,3 C						
13,3-21,4 D						
>21,4 E						
F						
G						
	Clase	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año	Clase	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año
Demanda calefacción	A	0,0	0,0	A	0,0	0,0
Demanda refrigeración	A	10,2	1677,2	A	6,8	1118,2
	Clase	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /año	Clase	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /año
Emisiones CO <sub>2</sub> calefacción	A	0,0	0,0	A	0,0	0,0
Emisiones CO <sub>2</sub> refrigeración	B	4,7	772,8	A	3,9	641,3
Emisiones CO <sub>2</sub> ACS	A	0,0	0,0	D	2,2	361,8
Emisiones CO <sub>2</sub> totales			772,8			1003,1

Datos para la etiqueta de eficiencia energética

	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	por metro cuadrado	anual	por metro cuadrado	anual
Consumo energía final (kWh)	4,8	785,2	12,7	2091,8
Consumo energía primaria (kWh)	16,0	2628,2	21,5	3539,9
Emisiones CO <sub>2</sub> (kgCO <sub>2</sub> )	4,7	772,8	6,1	1003,1

Como podemos observar en los siguientes resultados, la caldera dejará de proporcionar agua caliente sanitaria ya que la proporcionaremos a través de los paneles termosolares.

Demandas	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año
Calefacción	0,0	0,0	0,0	0,0
Refrigeración	10,2	1677,2	6,8	1118,2

Consumos Energía Final	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año
Calefacción	0,0	0,0	0,0	0,0
Refrigeración	4,8	785,2	4,0	654,6
ACS	0,0	0,0	8,7	1437,2
Total	4,8	785,2	12,7	2091,8

Consumos Energía Primaria	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año
Calefacción	0,0	0,0	0,0	0,0
Refrigeración	16,0	2628,2	13,5	2214,5
ACS	0,0	0,0	8,1	1325,4
Total	16,0	2628,2	21,5	3539,9

Emisiones	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /año	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /año
Calefacción	0,0	0,0	0,0	0,0
Refrigeración	4,7	772,9	3,9	641,3
ACS	0,0	0,0	2,2	361,8
Total	4,7	772,9	6,1	1003,1

Tabla 14: Resultados Obtenidos con la instalación termosolar

Con ello hemos dispuesto un edificio eficiente térmicamente. Es evidente que cuantas más mejoras, la eficiencia podría aumentar, pero aquí hemos explicado los pasos más sencillos y económicamente viables para mejorar nuestra vivienda.

Una vez realizada la eficiencia energética, hemos determinado que cubriremos toda la demanda de ACS mediante paneles termosolares, así que ahora procederemos al cálculo de los mismos:

MODIFICACIÓN	CONSUMO E. FINAL kWh/m <sup>2</sup>	CONSUMO E. PRIMARIA kWh/m <sup>2</sup>	EMISIONES kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
SIN COLECTOR SOLAR	15.4	15.6	3.1
CON COLECTOR SOLAR	0	0	0

Tabla 15: Comparación de resultados con la instalación termosolar

En breve se mostrará el diseño de dichos paneles termosolares, pero por el momento analicemos los datos obtenidos: podemos ver, el aspecto fundamental de la calificación energética son las emisiones de CO<sub>2</sub>. Hasta aquí hemos tratado de mejorar la instalación de la vivienda, remodelando los equipos y arquitectura existentes, para conseguir nuestro propósito sin incluir grandes inversiones.

## MEJORA 4: BIOMASA

Aun así seguimos con una calificación de tipo B, que aunque es muy buena, lo ideal sería conseguir una calificación tipo A. Para ello lo que nos queda es disminuir las emisiones por refrigeración.

La idea a plantear es la colocación de la caldera y la refrigeración por biomasa. Se trata de un recurso ecológico, que se compone de materia orgánica y con origen biológico. Se crea en los ecosistemas como resultado de la actividad del hombre, y su energía tiene origen del sol. Presenta una serie de ventajas como:

- Fuente inagotable de energía y poco contaminante.
- Disminuye la dependencia de los carburantes fósiles.
- Colabora en la limpieza de los montes y los residuos de las industrias.
- Alto rendimiento.
- Variedad de combustibles disponibles para el consumo.

Pero los inconvenientes son:

- Necesita sistemas de almacenamientos mayores ya que posee menor densidad energética.
- Requiere grandes costes de operación y mantenimiento ya que hay que encargarse de la alimentación del combustible y el tratamiento de cenizas.
- No existen canales de distribución de la biomasa.

Para una vivienda, el hecho de contar con biomasa mejora su calificación como mostraré a continuación:

Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	Edificio Objeto	Edificio Referencia
<4.1 A	2.5 A	
4.1-7.9 B		
7.9-13.3 C		9.2 C
13.3-21.4 D		
>21.4 E		
F		
G		
	Clase kWh/m <sup>2</sup> kWh/año	Clase kWh/m <sup>2</sup> kWh/año
Demanda calefacción	A 0.0 0.0	A 0.0 0.0
Demanda refrigeración	B 12.4 2039.0	B 12.0 1973.2
	Clase kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> kgCO <sub>2</sub> /año	Clase kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> kgCO <sub>2</sub> /año
Emisiones CO <sub>2</sub> calefacción	A 0.0 0.0	A 0.0 0.0
Emisiones CO <sub>2</sub> refrigeración	A 2.5 411.1	C 7.0 1151.0
Emisiones CO <sub>2</sub> ACS	A 0.0 0.0	D 2.2 361.8
Emisiones CO <sub>2</sub> totales		411.1 1512.8

Como podemos observar hemos conseguido una calificación excelente. Hemos disminuido al mínimo las emisiones. Y nuestra vivienda resulta menos contaminante y más eficiente.

Datos para la etiqueta de eficiencia energética

	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	por metro cuadrado	anual	por metro cuadrado	anual
Consumo energía final (kWh)	5,7	937,1	15,8	2597,4
Consumo energía primaria (kWh)	11,8	1932,2	31,9	5250,1
Emisiones CO <sub>2</sub> (kgCO <sub>2</sub> )	2,5	411,1	9,2	1512,8

Demandas	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año
Calefacción	0,0	0,0	0,0	0,0
Refrigeración	12,4	2039,0	12,0	1973,2

Consumos Energía Final	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año
Calefacción	0,0	0,0	0,0	0,0
Refrigeración	5,7	937,2	7,1	1160,1
ACS	0,0	0,0	8,7	1437,2
Total	5,7	937,2	15,8	2597,4

Consumos Energía Primaria	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año
Calefacción	0,0	0,0	0,0	0,0
Refrigeración	11,8	1932,2	23,9	3924,8
ACS	0,0	0,0	8,1	1325,4
Total	11,8	1932,2	31,9	5250,1

Emisiones	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /año	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /año
Calefacción	0,0	0,0	0,0	0,0
Refrigeración	2,5	411,1	7,0	1151,0
ACS	0,0	0,0	2,2	361,8
Total	2,5	411,1	9,2	1512,8

Tabla 16: Resultados obtenidos con la instalación de la biomasa

Podemos observar que con la biomasa aumentan los valores de demanda pero disminuye las emisiones de CO<sub>2</sub>, por ello tiene mejor calificación energética.

El problema que existe con la biomasa es que la instalación necesaria resulta poco rentable para una sola vivienda, a parte de la necesidad de conseguir el combustible, ya que es poco accesible en la ciudad. Por ello, **he decidido prescindir** de esta mejora para el edificio por su poca viabilidad, pero en un futuro, cuando se mejore el proceso, no se descarta la utilización de la misma.

Por ello realizaremos las mejoras hasta la inserción de paneles termosolares consiguiendo la **calificación energética 4.7B**

	DEMANDA (kWh/m <sup>2</sup> )		CONS. ENERGÍA FINAL(kWh/m <sup>2</sup> )			CONS. ENERGÍA PRIMARIA(kWh/m <sup>2</sup> )			EMISIONES(kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )			CALIFICACIÓN
	CALEFACCIÓN	REFRIGERACIÓN	CALEFACCIÓN	REFRIGERACIÓN	ACS	CALEFACCIÓN	REFRIGERACIÓN	ACS	CALEFACCIÓN	REFRIGERACIÓN	ACS	
ORIGINAL	-	11.7	-	6.9	20	-	23.2	20.2	-	6.8	4.1	10.9 C
CAMBIO VENTANAS	-	10.2	-	6.1	20	-	20.4	20.2	-	6	4.1	10.1 C
CAMBIO CALDERA Y SUELO RADIANTE	-	10.2	-	4.8	15.4	-	16	15.6	-	4.7	3.1	7.8 B
PANELES TERMOSOLARES	-	10.2	-	4.8	0	-	16	0	-	4.7	0	4.7 B
CALDERA BIOMASA	-	12.4	-	5.7	0	-	11.8	0	-	2.5	0	2.5 A

Tabla 17: Resumen de los resultados obtenidos con cada mejora de la instalación

## DIMENSIONAMIENTO DE LOS PANELES SOLARES

El CTE (Código Técnico de la Edificación) (en concreto DB-HE 4) establece las exigencias sobre la contribución solar mínima para agua caliente sanitaria (ACS) en los edificios, es decir, una parte de la demanda térmica se cubrirá Mediante la agregación de sistemas de captación, acumulación y utilización de la energía solar.

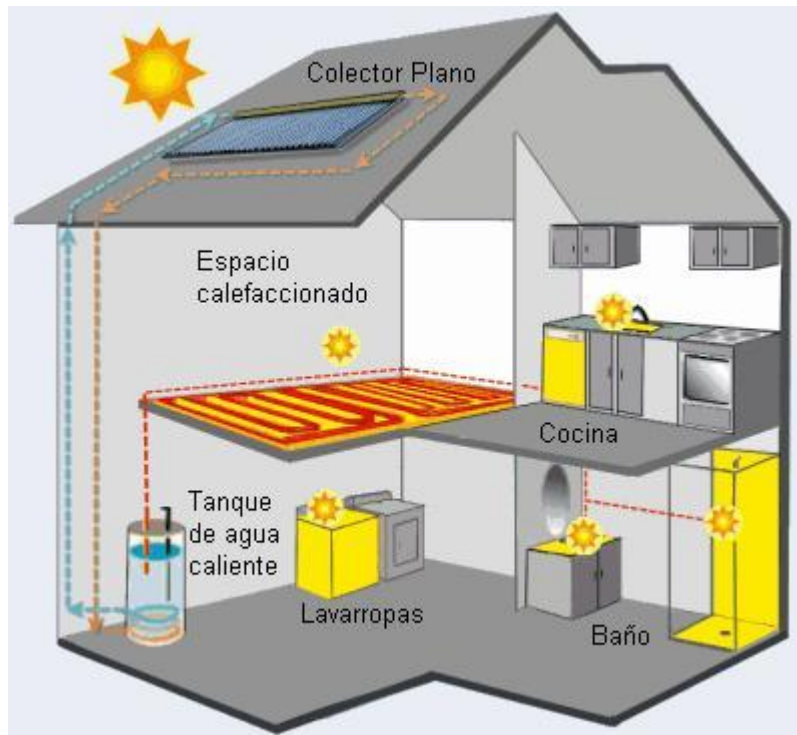


Ilustración 34: Diseño de la instalación de agua caliente

La captación solar se realiza con paneles solares. Internamente en estos paneles, circula un líquido (generalmente agua con aditivos) que se calienta por la incidencia de los rayos del sol. El calor así adquirido, se transmite al agua de la vivienda mediante un intercambiador y habitualmente queda almacenado en un depósito para su uso posterior.

Según establece el DB-HE 4

la contribución mínima para viviendas es del 70%,

pero como en este caso hemos diseñado un edificio ZEB nuestro plan se modifica al 100%.

La instalación consta:

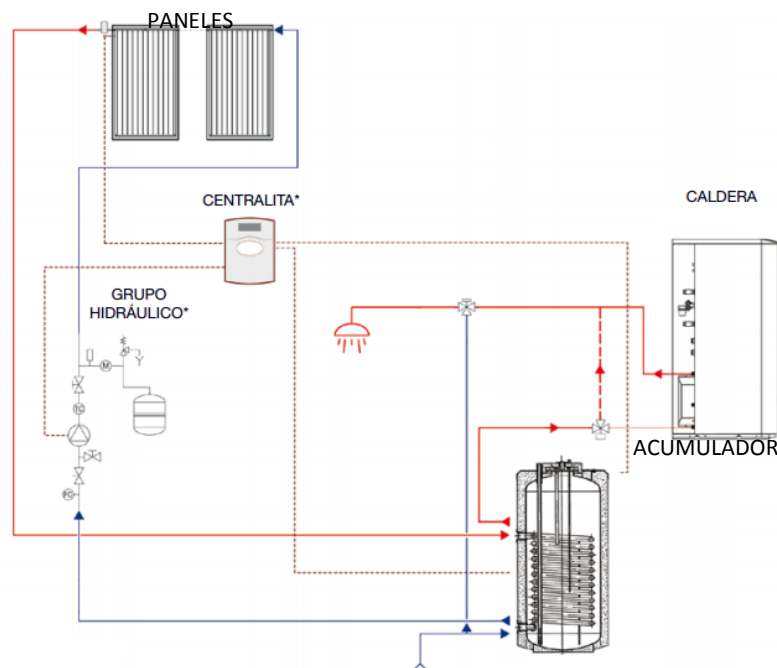


Ilustración 35: Instalación Térmica

Para dimensionar esta instalación debemos de seguir los siguientes pasos:

### **PASO 1: CALCULAMOS EL VALOR "I"**

I representa la radiación real recibida, en Kcal/ m<sup>2</sup>, y ella se calcula mediante:

$$I = \frac{I_h \cdot K}{N}$$

Dónde:

$I_h$	radiación media diaria sobre una superficie horizontal en Kcal/díaxm <sup>2</sup>
K	factor de corrección de $I_h$ por inclinación
N	número de horas de sol en función de la zona y del mes

### **PASO 2: DETERMINAR RENDIMIENTO DEL COLECTOR**

Esto lo hacemos a través de la expresión:

$$\left( \frac{I_0}{I} \right) \cdot (T_M - T_A)$$

Dónde:

$I_0$	radiación de referencia (860 kcal/hm <sup>2</sup> )
$I$	radiación real recibida, en Kcal/ m <sup>2</sup>
$T_M$	temperatura media del agua en el colector solar, en °C
$T_A$	temperatura ambiente exterior media, en °C
$R_C$	rendimiento del colector

A través de los datos entras en una gráfica para determinar el rendimiento del colector:

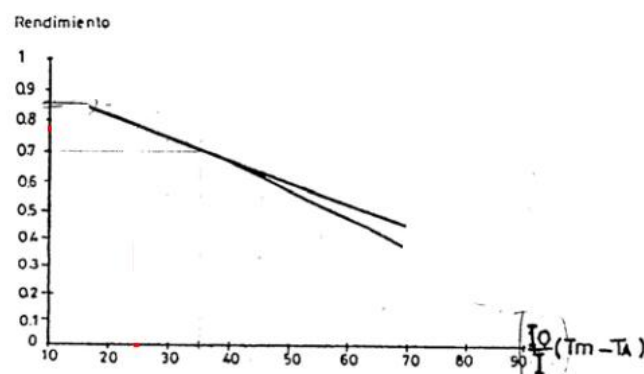


Ilustración 36: Gráfica de rendimiento de un panel



### PASO 3: CALCULAMOS LA SUPERFICIE DE CAPTACIÓN (S)

$$S(m^2) = \frac{C \cdot (T_A - T_E)}{I_H \cdot K \cdot R_C}$$

Dónde:

S	superficie total de captación en m2
C	consumo diario de agua en litros (se toma 30 litros/persona y día)( VER DB-HE 4)
T <sub>A</sub>	temperatura de acumulación(se considera 60°C, DB-HE-4)
T <sub>E</sub>	temperatura de entrada de agua a la red en el mes de referencia (si no se conoce el dato se puede considerar 10°C)
I <sub>H</sub>	radiación media diaria sobre una superficie horizontal en Kcal/díaxm2
K	factor de corrección de I <sub>H</sub> por inclinación
R <sub>C</sub>	rendimiento del colector

En nuestro caso particular diseñaremos los paneles termosolares a través de una aplicación informática que nos permite introducir los datos necesarios, calculando el número de paneles necesarios, la demanda del edificio, y cuanto se generará según la zona climática.

El programa es gratuito y de libre acceso<sup>2</sup> que nos ayuda al cálculo de placas solares necesarias para cubrir la contribución mínima de ACS exigida en el código técnico de la edificación HE-4. Además nos ofrece dos opciones:

1. Cálculo automático: proporcionará el número de paneles solares y el volumen de acumulación teórico necesario.
2. Comprobación del cumplimiento de CTE

DATOS DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL CONSUMO.		DATOS DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA.										
*Tipo de edificio: <input type="text" value="-- Selec. tipo edificio --"/>		Dimensionamiento de la instalación <input checked="" type="radio"/> Cálculo Automático / <input type="radio"/> Comprobación de resultados										
k - Factor de simultaneidad: <input type="text" value="1"/> (Valores de 1-0)		*Modelo de Captador:	<input type="text" value="Añadir captador"/>									
*Zona climática: <input type="text" value="SELECCIONAR EN EL MAPA"/>		*Inclinación respecto a la horizontal: <input type="text" value="45"/>										
*Provincia: <input type="text" value="-- Selec. provincia --"/>		Desorientación Sur: <input type="text" value="0"/> ° (Valores de 0°-90°)										
*Temperatura de utilización ACS: <input type="text" value="60"/> °C		Perdidas por sombras sobre los captadores: <input type="text" value="0"/> % <input type="text" value="Método"/>										
*Energía de apoyo: <input type="text" value="-- Selec. energía de apoyo --"/>		*Perdidas por: <input type="text" value="General"/>										
Los datos marcados con * son obligatorios.		<input type="text" value="Constante consideradas en el calculo"/>										
PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN (%)												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
%Ocupación estimada	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Ilustración 37: Visualización de la pantalla para el cálculo de paneles termosolares

<sup>2</sup> Se puede acceder a través de la página web: <http://konstruir.com/C.T.E/HE-4-Contribucion-solar-minima-de-agua-caliente-sanitaria/#>

Una vez estipulado los datos fundamentales de nuestra instalación, procedemos al cálculo de la misma obteniendo los siguientes resultados:

### DATOS DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CONSUMO

La estructura del edificio es: **vivienda unifamiliar**. El edificio dispone de 1 vivienda con **4 dormitorios**, para lo que el CTE establece 6 personas por vivienda. Con un consumo previsto de **30 litros por persona**. La temperatura de utilización prevista es de **60°C**.

Consumo total= 180 litros por día.

### DATOS GEOGRÁFICOS

PROVINCIA	Santa Cruz de Tenerife
LATITUD DE CÁLCULO	28º
ZONA CLIMÁTICA	V

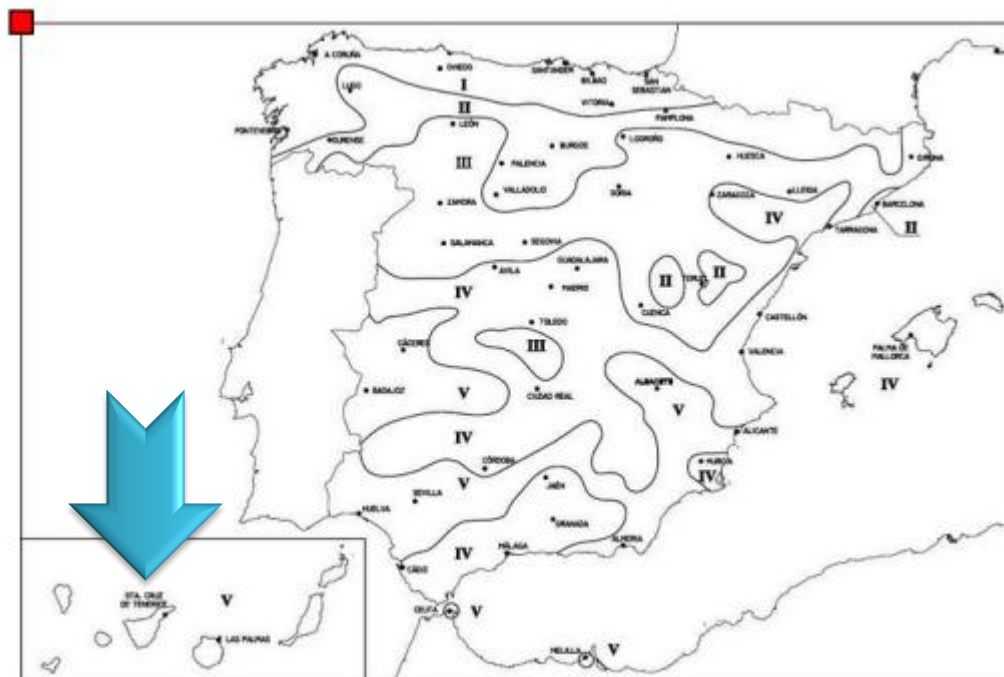


Ilustración 38: Zonas climáticas

Los porcentajes de utilización a lo largo del año previstos son:

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
% de ocupación	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Tabla 18: Índices de ocupación

### CÁLCULO DE LA DEMANDA DE ENERGÍA

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Días por mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Consumo de agua (L/día)	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
Tª media agua (°C)	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8
Incremento Ta (°C)	52	51	49	47	46	45	44	45	46	47	49	52
Deman. Ener (KWh)	337	298	317	294	298	282	285	291	288	304	307	337

**TOTAL DEMANDA ENERGÉTICA ANUAL: 3.638KWh**

### DATOS RELATIVOS AL SISTEMA

MODELO	SOLAR TEC TZ58-1800-30R
FACTOR DE EFICIENCIA ÓPTICA	0,734
DIMENSIONES	2m x 2 m
COEFICIENTE GLOBAL DE PÉRDIDAS	1,529 W/ (m <sup>2</sup> °C)
ÁREA ÚTIL	2,79m <sup>2</sup>

**1 CAPTADOR CON UN ÁREA ÚTIL DE 2,79 M<sup>2</sup>. VOLUMEN DE ACUMULACIÓN DE ACS 210 LITROS**

### DATOS DE POSICIÓN

Se encuentra a una inclinación de 20° (que es la misma que el techo del adosado), y se encuentra orientado al sur. Además los paneles estarán sobre el techo por lo que las pérdidas serán por superposición.

Pérdidas en el caso Superposición	
Pérdidas por inclinación. (optima 30°)	-0,09%
Pérdidas por desorientación con el sur:	0,00%
Pérdidas por sombras	0 %

Tabla 19: Pérdidas del sistema

Se hace un cálculo de pérdida por orientación con respecto a Sur a través de la formula por =  $3,5 \cdot 10^{-5} \cdot a^2$ .

Se hace un cálculo del valor de pérdidas por inclinación del captador, diferente a la óptima (la latitud 30°), a partir de una media ponderada de los valores de pérdida por inclinación comparados con la orientación óptima. Los datos de pérdida por inclinación sobre una superficie horizontal se han extraído de las tablas Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura del IDAE. Contienen datos en intervalos de 5°, por ello nos calculan pérdidas en función a ese incremento.

Constantes consideradas en el cálculo	
Factor corrector conjunto captador-intercambiador	0.95
Modificador del ángulo de incidencia	1.15
Temperatura mínima ACS	45°

Tabla 20: Constantes de cálculo

CALCULO ENERGÉTICO MEDIANTE EL METODO F-CHART												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	Jul	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Rad. horiz. [kWh/m2·mes]:	92,07	103,32	155,93	179,10	221,34	220,80	252,34	229,09	176,70	139,50	90,00	79,98
Coef. K. incl[20°] lat[28°]	1,17	1,13	1,08	1,02	0,97	0,95	0,97	1,02	1,09	1,16	1,21	1,21
Rad. inclin. [kWh/m2·mes]:	107,72	116,75	168,40	182,68	214,70	209,76	244,77	233,67	192,60	161,82	108,90	96,78
Deman. Ener. [KWh]:	337	298	317	294	298	282	285	291	288	304	307	337
Ener. Ac. Cap. [KWh/mes]:	241	261	377	409	480	469	548	523	431	362	244	217
D1=EA/DE	0,72	0,88	1,19	1,39	1,61	1,66	1,92	1,79	1,50	1,19	0,79	0,64
K1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
K2	0,68	0,72	0,80	0,87	0,90	0,92	0,93	0,86	0,83	0,80	0,76	0,66
Ener. Per. Cap. [KWh/mes]:	169	163	197	206	218	209	213	195	184	185	177	162
D2=EP/DE	0,50	0,55	0,62	0,70	0,73	0,74	0,75	0,67	0,64	0,61	0,58	0,48
f	0,59	0,69	0,87	0,97	1,07	1,09	1,18	1,14	1,02	0,87	0,64	0,54
EU=f*DE	198	207	277	285	317	306	335	332	295	266	195	180
Total producción energética útil anual: 3.193 KWh												

Tabla 21: Cálculo energético

## RESULTADOS OBTENIDOS

TOTAL DEMANDA ENERGÉTICA ANUAL	3.638KWh
TOTAL PRODUCCIÓN ENERGÉTICA ÚTIL ANUAL	3.193KWh
FACTOR F ANUAL APORTADO DE:	
EXIGENCIAS DEL CTE	
ZONA CLIMÁTICA TIPO	V
SISTEMA DE ENERGÍA DE APOYO TIPO	CALDERA
CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA	70%
CUMPLE LAS EXIGENCIAS DEL CTE	

## EXIGENCIAS DEL CTE RESPECTO AL LÍMITE DE PÉRDIDAS POR ORIENTACIÓN O INCLINACIÓN

	Orien. E Incl.	Sombras	Total
Pérdida permitida caso superposición	20%	15%	30%
Pérdida en el proyecto	0,09%	-	0,09%

**CUMPLE LAS EXIGENCIAS DEL CTE**

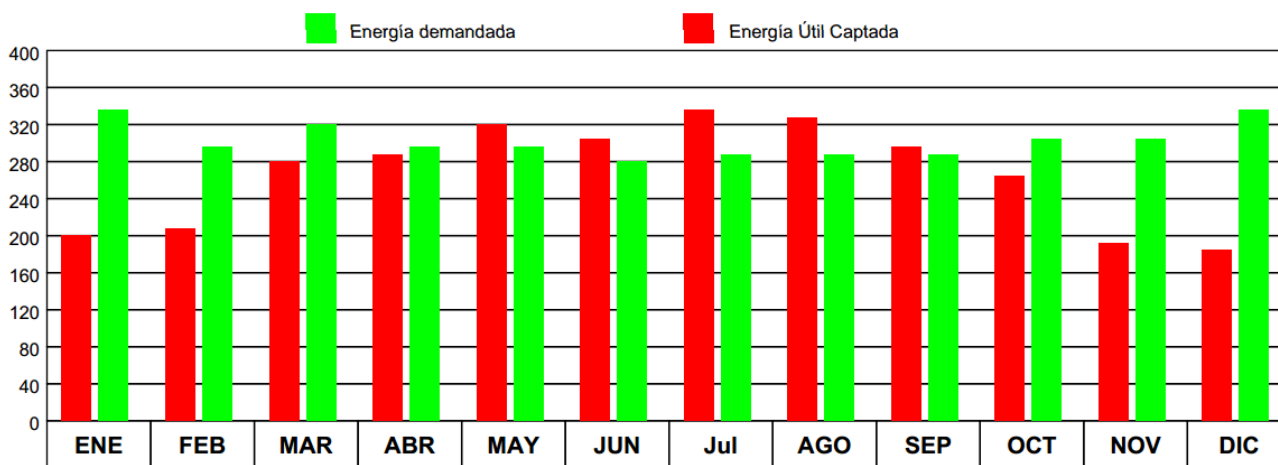
CÁLCULO ENERGÉTICO												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	Jul	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Deman. Ener.[kWh/mes]:	337	298	317	294	298	282	285	291	288	304	307	337
Ener. Util cap.[kWh/mes]:	198	207	277	285	317	306	335	332	295	266	195	180
% ENERGIA APORTADA	59%	69%	87%	97%	107%	109%	118%	114%	102%	87%	64%	54%

NO Cumple la condición del CTE, existe algún mes que se produzca más del 110% de la energía demandada.

NO Cumple la condición del CTE, existen 3 meses consecutivos que se produzca más de un 100% de la energía demandada.

Habrà que realizar alguna de las acciones correctoras que indica el CTE en su apartado 2.1.4

GRAFICA COMPARATIVA DEMANDA-ENERGIA CAPTADA



Se ha escogido este panel, ya que despues de varios ensayos son los mas rentables ( menor número necesario y menor precio)

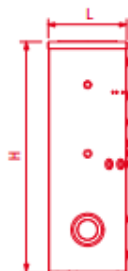
MODELO PANEL	NÚMERO DE PANELES	PRECIO UNIDAD
<b>SOLAR TEC TZ58-1800-30R</b>	<b>1</b>	<b>1.330,00€</b>
VITOSOL 200-T SD2 2M	1	2.182,06€
SOLAR ENERGY GK 5000	1	7.363,00€
SOLAR ENERGY GK 10000	1	13.650,00€
VITOSOL 200-T SD2 1M	2	1.112,69€

Tabla 22: Comparación de paneles termosolares

## ACUMULADOR

La elección se debe a que el programa nos demanda una acumulación de agua de 210l. Por ello escogemos el inmediato superior.

# BPS/1



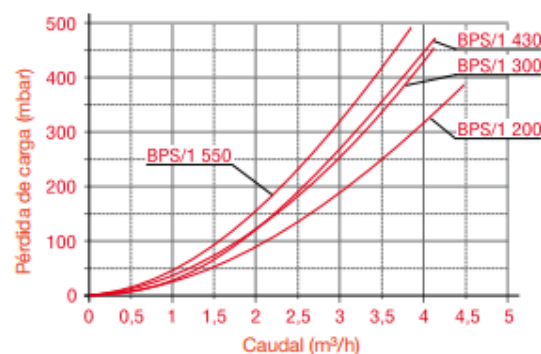
## BPS/1

ACUMULADOR MONOSERPENTÍN IDEAL TANTO PARA INSTALACIONES DOMÉSTICAS COMO PARA GRANDES CONSUMOS DE A.C.S.

- 4 modelos con diferente capacidad de acumulación
- Protección interna por vitrificación a doble mano de toda la superficie mediante el procedimiento GLASLING BAYER según norma DIN 4753
- Termómetro temperatura A.C.S.
- Elevado aislamiento térmico (50 mm) libre de CFC y HCFC
- Brida de inspección frontal y protección por ánodo de sacrificio
- Serpentin solar inclinado para mejorar el intercambio térmico
- Conexiones hidráulicas laterales a diferentes alturas para mantener la estratificación
- Elevada superficie de intercambio del serpentín solar
- Temperatura max sanitario 95°C
- Presión máxima circuito sanitario y de intercambiador 10 bar
- Predisposición para fijación grupo hidráulico Ida-Retorno
- Predisposición para conexión de resistencia eléctrica (1"1/2 H)

Datos Técnicos	BPS/1				
	200	300	430	550	
Superficie de intercambio serp. inferior	0,94	1,53	1,80	2,10	m²
Contenido agua serpentín inferior	5,7	9,3	11	12,8	l

## Pérdida de carga SERPENTÍN INFERIOR



## BPS/1

CÓDIGO	ARTÍCULO	PRECIO (€)	ACUMULACIÓN (l)	L (mm)	H (mm)	PESO (kg)
20005883	BPS/1 200	790	208	Ø 603	1300	72
20005884	BPS/1 300	1.010	305	Ø 603	1800	96
20005885	BPS/1 430	1.280	442	Ø 753	1605	133
20005886	BPS/1 550	1.480	556	Ø 753	1950	148,5

Ilustración 40: Imagen de catálogo de acumuladores

## CENTRALITA



## CENTRALITA SOL PRO

Centralita para la gestión de dos circuitos: gestión de un circuito diferencial (solar) + un aporte auxiliar (caldera).

Compatible con configuraciones a doble sistema de colectores y doble acumulador.

Se puede elegir entre 9 esquemas de instalación.

Gestión de bomba a velocidad variable - 4 entradas sondas - 2 salidas relés.

Sondas incluidas: 2 sondas para el colector + 2 sondas acumulador.

Algunas configuraciones posibles de las 9 admisibles con CENTRALITA SOL PRO (para otros esquemas consultar la documentación del producto)

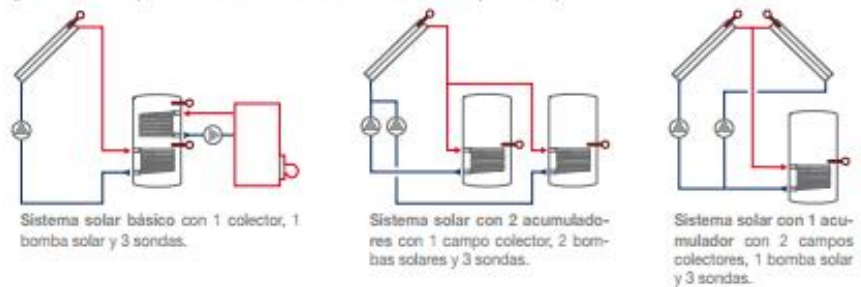


Ilustración 41: Imagen catálogo de centralita

Como podemos observar con este diseño tenemos ciertos inconvenientes que pasaremos a resolver:

1. Deficit de generación ( Sobre todo meses de Enero, Febrero, Noviembre, Diciembre)

Los meses antes mencionados, generan una energía útil menor del 70% por lo que no cubre las especificaciones del CTE. Además como nuestro diseño se basa en un edificio ZEB, estimamos que la producción debería de ser del 100%

La razón por la que no he modificado todos los meses para llegar al 100% es porque considero que la cobertura es bastante buena, y aunque el resto lo proporciona la caldera, no sería muy significativo para la instalación. Además de cumplir con el CTE.

Por ello los meses de déficit por debajo del 70%, se puede subsanar instalando un panel adicional, es decir; los meses de Enero, Febrero, Noviembre y Diciembre; dispondremos de dos paneles termosolares, mientras que el resto de meses, se trabajará con uno. En cuanto a el aspecto económico, se invertiría de manera proporcional, es decir el doble: 2.660,00€.<sup>3</sup>

MES	1 PANEL	DOS PANELES
ENERO	59%	118%
FEBRERO	69%	138%
NOVIEMBRE	64%	128%
DICIEMBRE	54%	108%

Tabla 23: Generación de paneles en meses de déficit

<sup>3</sup> Para más información ver presupuesto.



## 2. Exceso de producción solar

Los meses con exceso de producción solar, se aplicaran estrategias para disipar, reducir o desviar el exceso de calor en instalaciones solares térmicas. A continuación presentaremos distintas formas:

- ✓ **Ángulo de inclinación de los colectores:** Radica en ubicar los colectores con un ángulo de inclinación alto para absorber la radiación solar sobre todo en invierno. Con ello se obtiene que las radiaciones más perpendiculares del verano bajen con mayor inclinación sobre el colector y se aprovechen menos. Es una medida que no aporta una solución, solo disminuye la captación solar y no es aplicable siempre.
- ✓ **Aleros (Ilustración 42):** aprovecha la mayor perpendicularidad de los rayos solares en verano para crear una sombra en los paneles, a través de una especie de toldo, haciendo que sólo trabaje una parte de los mismos. Durante el invierno, como la inclinación solar es mayor, el alero deja de generar sombra sobre los paneles por lo que funcionan a pleno rendimiento. Su desventaja es su difícil aplicación (cuando no imposible) en edificios ya construidos, porque será complejo hallar unos alerones que se adapten correctamente

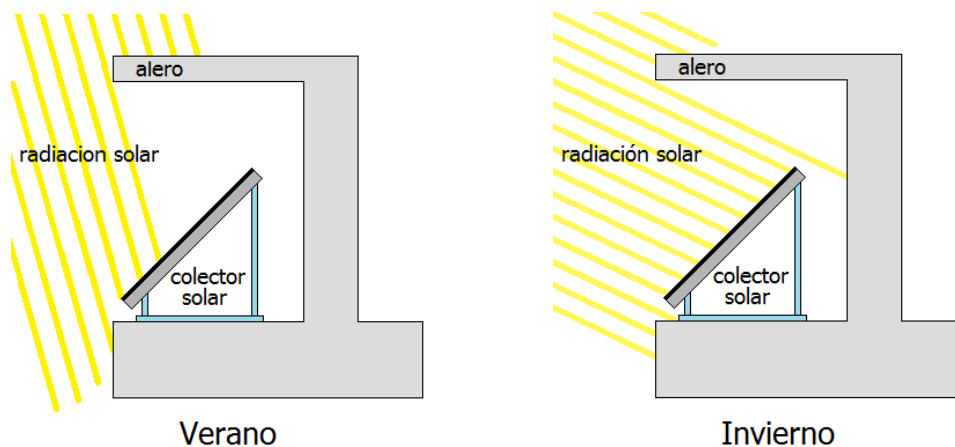


Ilustración 42: Alero

- ✓ **Exceso de calor vertido en la piscina:** las piscinas, sobre todo las descubiertas, son elementos por los que se disipan elevadas cantidades de calor a la atmósfera. Este factor negativo, es de ayuda cuando lo que queremos conseguir es disipar el exceso de calor. De esta forma se emplea para otros usos el exceso de calor en la instalación a la vez que se consigue una climatización de agua agradable para el baño.
- ✓ **Sistemas de almacenamiento estacionales:** cuando existe sobrecalentamiento, guardan el exceso de calor en depósitos para recuperarlo cuando sea necesario. Sin embargo estos sistemas son complejos por el gran volumen de acumulación que requiere y por los problemas técnicos que este hecho trae.
- ✓ **Cubrir los colectores con fundas:** requiere que se pueda acceder al área de colectores para colocar las fundas. Una ventaja es que se puede poner fundas solo sobre algunos de los colectores, mientras se deja trabajar al resto para poder seguir obteniendo calor sin poner en riesgo la instalación. Cuando la vivienda esté desocupada (por vacaciones por ejemplo), la mejor opción es cubrir todos con fundas.



- ✓ **Disipadores de calor:** hacen circular el líquido sobrecalentado por unos conductos para que se disipe su calor en el aire. Se activan cuando el fluido caloportador ha alcanzado una temperatura determinada previa a la considerada peligrosa (en torno a los 90 °C). Tienen la ventaja de que su activación puede ser automática y no requieren vigilancia.
- ✓ **Aire Acondicionado con Energía Solar Térmica:** permite aprovechar las instalaciones solares durante todo el año. De esta forma se aprovecha la radiación en invierno para la calefacción y en verano, cuando se producen grandes excedentes térmicos, se transforman en frío. El sistema solar instala un acumulador con el fin de disminuir los desfases entre la disponibilidad de radiación y la carga frigorífica.



Ilustración 43: Esquema de la instalación de aire acondicionado

Su instalación se ve en la Ilustración 43. Funciona como nuestra nevera. La máquina de absorción se parece a bomba de calor. La diferencia es fundamentalmente que se sustituye el compresor mecánico por un compresor térmico: Este es un sistema térmico de evaporación y absorción que puede utilizar: Amoníaco como absorbente, Bromuro de litio como refrigerante.

Estas máquinas son caras, las más pequeñas logran una climatización de espacios de un mínimo de 5 kW. A este coste hay que añadir el de la instalación y sus componentes. Pero este coste puede rentabilizarse al eliminar los gastos que supone el aire acondicionado. Actualmente, los sistemas de refrigeración solar basados en máquina de simple efecto son competitivos frente a aire acondicionado eléctrico convencional.

Cualquiera de las opciones presentadas es válida, por lo que dependemos de las necesidades del cliente para elegir una. Dependerá de la inversión económica que se quiera realizar.

## ANÁLISIS Y MEJORA ELÉCTRICA

Una vez realizados los cambios térmicos, procedemos a la mejora de la instalación eléctrica.

Si bien las mejoras eléctricas vienen dadas por el cambio de electrodomésticos a categorías superiores de rendimiento (A, A+, etc.) en un edificio ya construido, implicaría grandes inversiones y poca rentabilidad.

Según el Instituto Tecnológico de la Energía (ITE) existen una serie de medidas que permiten la reducción del consumo energético:

1. La sustitución de luminarias por lámparas led, permitiría ahorrar hasta un 40%.
2. El uso de persianas que dejen paso la luz natural, pero no el calor.
3. Sensores para medir las variables energéticas, que permitirán establecer distintos escenarios de confort según las condiciones de la habitación. (habitabilidad, luminosidad exterior, etc.)

Para poder establecer las mejoras eléctricas existe una gran premisa: “Lo que no se puede medir, no se puede mejorar”. Con esto vemos que primero debemos de ser conscientes donde consumimos, y después tomar medidas de ahorro. En este caso como se trata de una vivienda, la flexibilidad de consumo es muy poca, ya que nuestro consumo eléctrico se basan en nuestras actividades cotidianas.

Según la directiva 2010/31/CE del Parlamento Europeo se estipula “edificio de consumo de energía casi nulo (o nulo)” como: “edificio con un nivel de eficiencia energética muy alto, que determinará de conformidad con el anexo 1. La cantidad casi nula o muy baja de energía requerida debería de estar cubierta, en muy amplia medida, por energía procedente de fuentes renovables, incluida energía procedente de fuentes renovables producidas in situ o en el entorno”

He partido de la base de que la casa ya está construida y que no se contempla un cambio de equipos eléctricos, por ello la medida a tomar será la creación de generadores eléctricos renovables que aporten esa energía a nuestra vivienda. Para ello hemos contemplado dos opciones:

- ❖ Paneles Solares.
- ❖ Generador Eólico.

Cada uno dispone de ventajas e inconvenientes, pero la decisión radicará en el aspecto económico. Expondré las dos opciones. Para ello dispondremos el consumo anual de una vivienda (Tabla 24):

MES	CONSUMO(kWh)	MES	CONSUMO(kWh)
ENERO	887	JULIO	968
FEBRERO	417	AGOSTO	437
MARZO	497	SEPTIEMBRE	387
ABRIL	358	OCTUBRE	413
MAYO	334	NOVIEMBRE	453
JUNIO	451	DICIEMBRE	420

Tabla 24: Consumo anual de una vivienda

Se tratará de crear un balance entre economía invertida en los generadores y la energía ahorrada en la factura energética. En este caso en concreto vemos dos anomalías de consumo en los meses de enero y julio, por lo que no serán cubiertas por los generadores renovables, ya que el resto del año estaríamos desperdiciando energía.

Aunque pensemos usar ese excedente de energía en verterlo a la red, es importante destacar, que instalaciones diseñadas para el autoconsumo, se les permite incorporar sus excedente a la red de manera puntual y medida; y esto es obvio ya que nuestro objetivo es abastecernos, no ser centrales generadoras.

Con todo ello en mente, pasaremos al diseño de los dos sistemas a los que podíamos optar, para cubrir nuestro consumo energético:

## PANELES SOLARES

Los paneles solares (al igual que los colectores solares) se colocarán sobre la superficie del techo. Por ello la orientación e inclinación de los paneles y las posibles sombras en el mismo, tendrán que ser inferiores a:

	ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN	SOMBRAS	TOTAL
<b>GENERAL</b>	10%	10%	15%
<b>SUPERPOSICIÓN</b>	20%	15%	30%
<b>INTEGRACIÓN ARQUITECTÓNICA</b>	40%	20%	50%

Tabla 25: Pérdidas permitidas en instalaciones solares

Se denominará integración arquitectónica cuando los paneles fotovoltaicos cumplan doble función: energética y arquitectónica. La colocación de los paneles sobre la envolvente del edificio se definirá como superposición.

En nuestro caso los paneles se colocaran en el techo del edificio (ya que contamos con suficiente espacio) con orientación sur, por lo que el porcentaje de perdidas según la orientación e inclinación (Ilustración 44) son: del 92% por lo que cumplimos con la normativa.

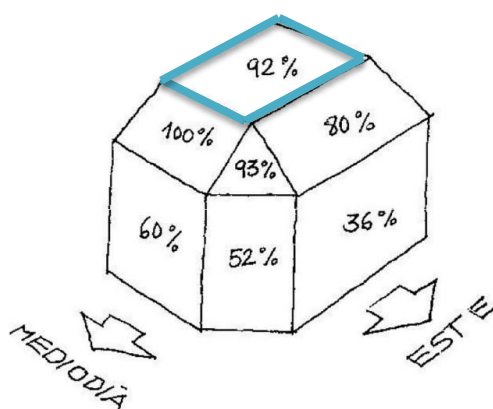


Ilustración 44: Pérdidas según orientación de paneles

Se tratará de una instalación doble: por un lado se alimentará constantemente de los paneles fotovoltaicos, pero en caso de necesitar un extra de energía, se abastecerá de la red. Se dispondrán de dos contadores, aunque actualmente los contadores electrónicos podrán distinguir si el consumo es de la red o se está autoabasteciendo con su propia energía.

La instalación de una red aislada (Ilustración 45) será la siguiente:

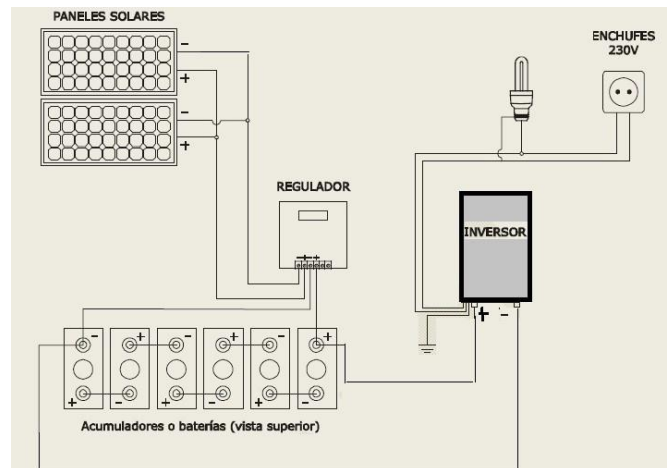


Ilustración 45: Esquema instalación solar

Explicaremos brevemente la necesidad de cada elemento:

- **Paneles solares (Ilustración 46):** son los paneles solares encargados de transformar la radiación solar en energía eléctrica. Cuando los fotones de la luz del sol incide sobre

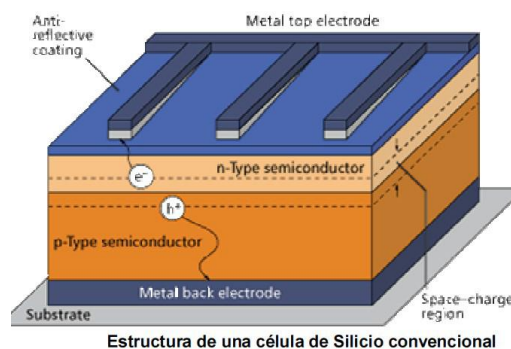


Ilustración 46: Estructura panel fotovoltaico

los materiales semiconductores del panel, transmiten su energía a los electrones del material para que rompan su enlace. Por cada enlace roto, se aporta un electrón libre que circulará dentro del sólido. La falta del electrón se denomina HUECO, que también puede moverse por el interior del sólido, pasado de un átomo a otro. Los huecos se comportan como partículas de carga positiva. El movimiento de electrones y huecos en direcciones opuestas generan una corriente eléctrica en el semiconductor, capaz de circular por el

circuito externo y liberar en él energía de la cedida por los fotones al crear los pares electrón-hueco. Para separar los huecos de los electrones y así impedir que se restablezcan, se utiliza un campo eléctrico, que hace que ambos circulen en sentido contrario, dando lugar a una corriente en el sentido del campo eléctrico antes mencionado.

- **Regulador:** sus funciones son: evitar las sobrecargas y sobredescargas de la batería, procurar que las baterías no se descarguen por completo en los periodos sin luz y controlar que el sistema trabaje en su punto de máxima potencia.
- **Inversor:** se encargará de realizar el cambio de corriente continua a corriente alterna para el consumo del hogar.

- **Acumuladores:** o también denominados baterías, son los encargados de almacenar el excedente de energía, para poder devolverla cuando se necesite.

Para realizar la instalación nos apoyaremos sobre una herramienta denominada PVSYST que se encargará de determinar las condiciones de generación y aportar resultados.

Para ello se aportan datos meteorológicos del lugar a través del PVGIS (Tabla 26):

### *PVGIS Estimates of long-term monthly averages*

Location: 28°27'49" North, 16°15'6" West, Elevation: 17 m a.s.l.,

Solar radiation database used: PVGIS-helioclim

Optimal inclination angle is: 28 degrees

Annual irradiation deficit due to shadowing (horizontal): 0.1 %

Month	$H_h$	$H_{opt}$	$H(90)$	$I_{opt}$	D/G
Jan	4020	5900	5520	56	0.27
Feb	4780	6270	4980	47	0.27
Mar	5800	6670	4050	33	0.27
Apr	6670	6760	2750	16	0.27
May	7180	6610	1780	2	0.27
Jun	7320	6440	1380	-6	0.27
Jul	7160	6420	1550	-3	0.28
Aug	6980	6790	2310	10	0.25
Sep	6310	6920	3630	27	0.25
Oct	5270	6580	4740	42	0.26
Nov	4160	5840	5180	53	0.28
Dec	3680	5550	5390	58	0.28
Year	5780	6400	3600	28	0.27

Tabla 26: Valores de irradiación proporcionados por PVGIS

Hh: Irradiation on horizontal plane (Wh/m<sup>2</sup>/day)

Hopt: Irradiation on optimally inclined plane (Wh/m<sup>2</sup>/day)

H(90): Irradiation on plane at angle: 90deg. (Wh/m<sup>2</sup>/day)

Iopt: Optimal inclination (deg.)

D/G: Ratio of diffuse to global irradiation (-)

Esta página también es capaz de aportar los valores de temperatura anual, pero un fallo del mismo sitúa a las Islas Canarias en África, por lo que no proporciona este dato. Para ello hemos usado la base de datos de AEMET y así poder conseguir los valores medios de temperatura (Tabla 27):

## Valores climatológicos normales. Sta.Cruz de Tenerife

Periodo: 1971-2000 - Altitud (m): 35

Latitud: 28° 27' 48" N - Longitud: 16° 15' 19" O - Posición: Ver localización ▶

Mes	T	TM	Tm	R	H	DR	DN	DT	DF	DH	DD	I
Enero	17.9	20.6	15.1	34	65	5	0	0	0	0	3	178
Febrero	18.0	20.9	15.1	36	65	4	0	1	0	0	5	186
Marzo	18.7	21.7	15.6	29	62	4	0	0	0	0	5	216
Abril	19.2	22.3	16.2	14	62	3	0	0	0	0	4	226
Mayo	20.6	23.7	17.5	4	60	1	0	0	0	0	5	272
Junio	22.4	25.7	19.0	1	60	0	0	0	0	0	11	297
Julio	24.6	28.3	20.8	0	57	0	0	0	0	0	19	330
Agosto	25.1	28.8	21.4	1	60	0	0	0	0	0	18	316
Septiembre	24.6	27.9	21.3	6	64	1	0	0	0	0	9	251
Octubre	23.0	26.0	20.0	18	66	3	0	0	0	0	4	219
Noviembre	21.0	23.9	18.1	27	66	4	0	0	0	0	4	185
Diciembre	19.0	21.8	16.2	44	67	6	0	0	0	0	3	175
Año	21.2	24.3	18.0	214	63	31	0	2	0	0	93	2851

### Leyenda

- T Temperatura media mensual/anual (°C)
- TM Media mensual/anual de las temperaturas máximas diarias (°C)
- Tm Media mensual/anual de las temperaturas mínimas diarias (°C)
- R Precipitación mensual/anual media (mm)
- H Humedad relativa media (%)
- DR Número medio mensual/anual de días de precipitación superior o igual a 1 mm
- DN Número medio mensual/anual de días de nieve
- DT Número medio mensual/anual de días de tormenta
- DF Número medio mensual/anual de días de niebla
- DH Número medio mensual/anual de días de helada
- DD Número medio mensual/anual de días despejados
- I Número medio mensual/anual de horas de sol

Tabla 27: Valores de temperaturas

Con todos estos valores los introducimos en el programa PVSYS y simulamos un escenario parecido al real, aportamos los valores que necesitamos generar para cubrir el consumo, y elegimos el panel y las baterías para cumplir con nuestro objetivo. En este caso se ha seleccionado:

ELEMENTO	MODELO	CANTIDAD	
		SERIE	PARALELO
Panel solar	SPR-455J-WHT-D	1	8
Baterías	8-CS-25PS	8	3

En el informe generado se ve con más detalle las especificaciones de los elementos, así como las inclinaciones de los paneles, etc.

Se ha elegido este panel solar, ya que con el hemos conseguido el mínimo número de elementos posibles, maximizando su utilización.

PVSYST V5.66		22/05/13	Page 1/3
--------------	--	----------	----------

### Stand Alone System: Simulation parameters

**Project :** **Adosado Santa Cruz de Tenerife**

**Geographical Site** **Santa Cruz de Tenerife** **Country** **Spain**

**Situation** Latitude 28.4°N Longitude 16.2°W  
Time defined as Legal Time Time zone UT-1 Altitude 17 m  
Albedo 0.20

**Meteo data :** Santa Cruz de Tenerife, Synthetic Hourly data

---

**Simulation variant :** **New simulation variant**

Simulation date 22/05/13 15h10

---

**Simulation parameters**

**Collector Plane Orientation** Tilt 28° Azimuth 0°

**PV Array Characteristics** PANEL SOLAR

<b>PV module</b>	Si-mono	Model	<b>SPR-455J-WHT-D</b>	
		Manufacturer	SunPower	
Number of PV modules		In series	1 modules	In parallel 8 strings
Total number of PV modules		Nb. modules	8	Unit Nom. Power 455 Wp
Array global power		Nominal (STC)	<b>3640 Wp</b>	At operating cond. 3303 Wp (50°C)
Array operating characteristics (50°C)		U mpp	68 V	I mpp 48 A
Total area		Module area	<b>17.3 m²</b>	Cell area 15.7 m²

**PV Array loss factors**

Thermal Loss factor U<sub>c</sub> (const) 29.0 W/m²K U<sub>v</sub> (wind) 0.0 W/m²K / m/s  
=> Nominal Oper. Coll. Temp. (G=800 W/m², Tamb=20°C, Wind=1 m/s.) NOCT 45 °C

Wiring Ohmic Loss Global array res. 24 mOhm Loss Fraction 1.5 % at STC

Array Soiling Losses Loss Fraction 3.0 %

Module Quality Loss Loss Fraction 0.1 %

Module Mismatch Losses Loss Fraction 2.0 % (fixed voltage)

Incidence effect, ASHRAE parametrization IAM = 1 - b<sub>0</sub> (1/cos i - 1) b<sub>0</sub> Parameter 0.05

**System Parameter** System type **Stand Alone System** BATERÍAS

<b>Battery</b>	Model	<b>8-CS-25PS</b>	
	Manufacturer	Rolls	
Battery Pack Characteristics	Voltage	64 V	Nominal Capacity 2043 Ah
	Nb. of units	8 in series x 3 in parallel	
	Temperature	Fixed (20°C)	
<b>Regulator</b>	Model	General Purpose Default	
	Technology	Undefined	Temp coeff. -5.0 mV/°C/elem.
Battery Management Thresholds	Charging	72.0/69.8 V	Discharging 62.7/67.2 V
	Back-Up Genset Command	63.0/68.8 V	

**User's needs :** monthly values

Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year	
887	417	497	358	334	451	968	437	387	413	453	420	6022	kWh/mth



PVSYST V5.66	22/05/13	Page 2/3
--------------	----------	----------

## Stand Alone System: Main results

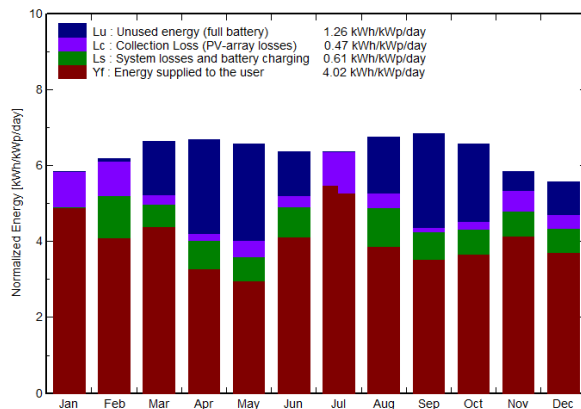
**Project :** Adosado Santa Cruz de Tenerife

**Simulation variant :** New simulation variant

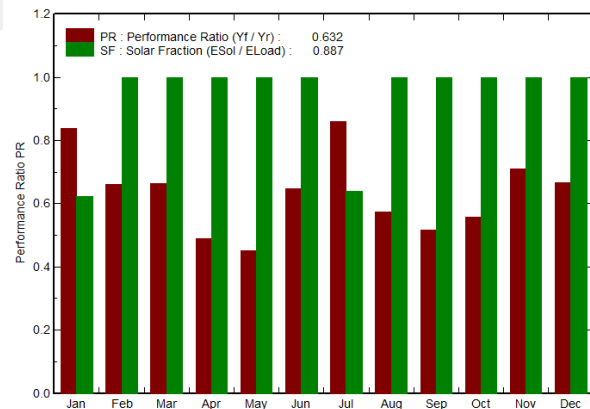
<b>Main system parameters</b>	<b>System type</b>	<b>Stand alone</b>	
PV Field Orientation	tilt	28°	azimuth 0°
PV Array	Nb. of modules	8	Pnom total <b>3640 Wp</b>
Battery	Model	8-CS-25PS	Technology sealed, plates
battery Pack	Nb. of units	24	Voltage / Capacity <b>64 V / 2043 Ah</b>
User's needs	monthly values		global 6022 kWh/year

<b>Main simulation results</b>				
System Production	<b>Available Energy</b>	<b>7821 kWh/year</b>	Specific prod.	2149 kWh/kWp/year
	Used Energy	5339 kWh/year	Excess (unused)	1671 kWh/year
	Performance Ratio PR	63.2 %	Solar Fraction SF	88.7 %
Loss of Load	Time Fraction	6.2 %	Missing Energy	683 kWh/year

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 3640 Wp



Performance Ratio PR and Solar Fraction SF



### New simulation variant Balances and main results

	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	GlobEff kWh/m <sup>2</sup>	E Avail kWh	EUnused kWh	E Miss kWh	E User kWh	E Load kWh	SolFrac
January	124.6	176.6	555.9	0.0	333.8	553.2	887.0	0.624
February	133.8	168.7	537.5	5.1	0.0	417.0	417.0	1.000
March	179.8	200.3	720.5	158.6	0.0	497.0	497.0	1.000
April	200.1	195.1	712.3	272.5	0.0	358.0	358.0	1.000
May	222.6	197.2	692.5	286.5	0.0	334.0	334.0	1.000
June	219.6	185.0	664.1	127.1	0.0	451.0	451.0	1.000
July	222.0	190.8	597.2	0.9	348.7	619.3	968.0	0.640
August	216.4	202.9	718.5	165.5	0.0	437.0	437.0	1.000
September	189.3	199.8	736.2	270.4	0.0	387.0	387.0	1.000
October	163.4	198.5	718.4	230.9	0.0	413.0	413.0	1.000
November	124.8	171.1	577.0	53.6	0.0	453.0	453.0	1.000
December	114.1	168.6	590.4	99.6	0.0	420.0	420.0	1.000
Year	2110.4	2254.7	7820.6	1670.8	682.5	5339.5	6022.0	0.887

Legends:	GlobHor	Horizontal global irradiation	E Miss	Missing energy
	GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings	E User	Energy supplied to the user
	E Avail	Available Solar Energy	E Load	Energy need of the user (Load)
	EUnused	Unused energy (full battery) loss	SolFrac	Solar fraction (EUsed / ELoad)



En este informe podemos ver en la columna ELoad la energía necesaria por la vivienda que establecimos al principio, a través de la factura eléctrica. A su lado, en la columna EUser está la energía que nos proporcionarían los paneles. Existen 3 meses en los que no es posible cubrir la demanda con la generación solar, por lo que acudiremos a las baterías, o al suministro de la red.

	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	GlobEff kWh/m <sup>2</sup>	E Avail kWh	EUnused kWh	E Miss kWh	E User kWh	E Load kWh	SolFrac
January	124.6	176.6	555.9	0.0	333.8	553.2	887.0	0.624
February	133.8	168.7	537.5	5.1	0.0	417.0	417.0	1.000
March	179.8	200.3	720.5	158.6	0.0	497.0	497.0	1.000
April	200.1	195.1	712.3	272.5	0.0	358.0	358.0	1.000
May	222.6	197.2	692.5	286.5	0.0	334.0	334.0	1.000
June	219.6	185.0	664.1	127.1	0.0	451.0	451.0	1.000
July	222.0	190.8	597.2	0.9	348.7	619.3	968.0	0.640
August	216.4	202.9	718.5	165.5	0.0	437.0	437.0	1.000
September	189.3	199.8	736.2	270.4	0.0	387.0	387.0	1.000
October	163.4	198.5	718.4	230.9	0.0	413.0	413.0	1.000
November	124.8	171.1	577.0	53.6	0.0	453.0	453.0	1.000
December	114.1	168.6	590.4	99.6	0.0	420.0	420.0	1.000
Year	2110.4	2254.7	7820.6	1670.8	682.5	5339.5	6022.0	0.887

La diferencia de energía será:

MES	CONSUMO USUARIO(MWh)	APORTE SOLAR(MWh)	DIFERENCIA(MWh)
ENERO	0.887	0.5559	0.3311
JULIO	0.968	0.5972	0.3708

También otro dato destacable es que hay meses en que tenemos excedente de energía (EUnused), y no se puede aprovechar por que las baterías ya están cargadas. Esos meses son

	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	GlobEff kWh/m <sup>2</sup>	E Avail kWh	EUnused kWh	E Miss kWh	E User kWh	E Load kWh	SolFrac
January	124.6	176.6	555.9	0.0	333.8	553.2	887.0	0.624
February	133.8	168.7	537.5	5.1	0.0	417.0	417.0	1.000
March	179.8	200.3	720.5	158.6	0.0	497.0	497.0	1.000
April	200.1	195.1	712.3	272.5	0.0	358.0	358.0	1.000
May	222.6	197.2	692.5	286.5	0.0	334.0	334.0	1.000
June	219.6	185.0	664.1	127.1	0.0	451.0	451.0	1.000
July	222.0	190.8	597.2	0.9	348.7	619.3	968.0	0.640
August	216.4	202.9	718.5	165.5	0.0	437.0	437.0	1.000
September	189.3	199.8	736.2	270.4	0.0	387.0	387.0	1.000
October	163.4	198.5	718.4	230.9	0.0	413.0	413.0	1.000
November	124.8	171.1	577.0	53.6	0.0	453.0	453.0	1.000
December	114.1	168.6	590.4	99.6	0.0	420.0	420.0	1.000
Year	2110.4	2254.7	7820.6	1670.8	682.5	5339.5	6022.0	0.887

El total que podríamos aportar a la red en el año es 1.670 MWh y el que recibiríamos de la red sería 0.6825MWh, por lo que hay meses en los que venderemos el excedente y otros en los que compraremos energía a la red. Otra opción sería aumentar nuestras baterías, y así almacenar más energía.

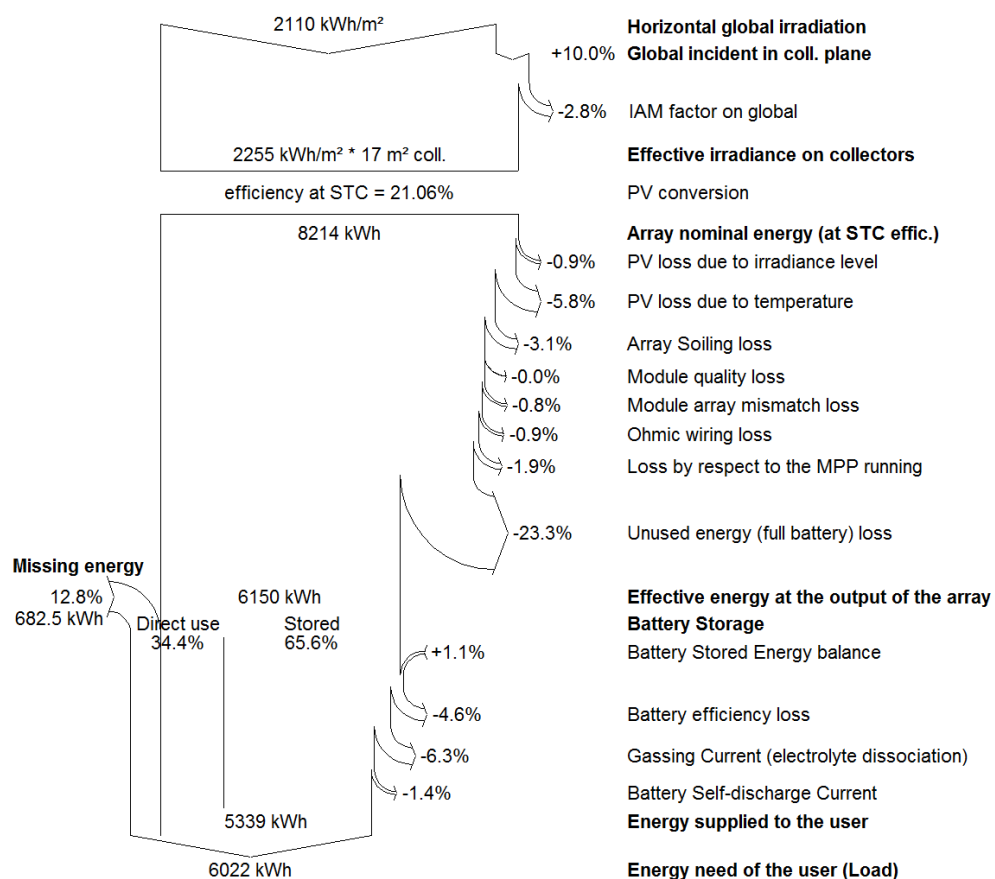
## Stand Alone System: Loss diagram

**Project :** Adosado Santa Cruz de Tenerife

**Simulation variant :** New simulation variant

Main system parameters	System type	Stand alone	
PV Field Orientation	tilt	28°	azimuth 0°
PV Array	Nb. of modules	8	Pnom total <b>3640 Wp</b>
Battery	Model	8-CS-25PS	Technology sealed, plates
battery Pack	Nb. of units	24	Voltage / Capacity <b>64 V / 2043 Ah</b>
User's needs	monthly values		global 6022 kWh/year

### Loss diagram over the whole year



Como vemos tenemos muchas pérdidas de energía por no poder acumular suficiente. Para ello he dispuesto una simulación, proporcionando más baterías y así aumentar nuestra capacidad de energía. Uno de los puntos más fuertes económicamente hablando son las baterías. Resultan costosas y generalmente se acumulan un número considerable de ellas. Por eso debemos de sopesar si la inversión extra que propongo, puede ser viable:

PVSYST V5.66			22/05/13	Page 1/3									
<b>Stand Alone System: Simulation parameters</b>													
<b>Project :</b> Adosado Santa Cruz de Tenerife													
<b>Geographical Site</b>		<b>Santa Cruz de Tenerife</b>	<b>Country</b>	<b>Spain</b>									
<b>Situation</b>		Latitude 28.4°N	Longitude	16.2°W									
Time defined as		Legal Time Time zone UT-1	Altitude	17 m									
<b>Meteo data :</b>		Santa Cruz de Tenerife, Synthetic Hourly data											
<b>Simulation variant :</b>		<b>New simulation variant</b>											
		Simulation date 22/05/13 15h49											
<b>Simulation parameters</b>													
<b>Collector Plane Orientation</b>		Tilt 28°	<b>PANEL SOLAR</b>	Azimuth 0°									
<b>PV Array Characteristics</b>													
<b>PV module</b>	Si-mono	Model	<b>SPR-455J-WHT-D</b>										
	Manufacturer	SunPower											
Number of PV modules	In series	1 modules	In parallel	8 strings									
Total number of PV modules	Nb. modules	8	Unit Nom. Power	455 Wp									
Array global power	Nominal (STC)	<b>3640 Wp</b>	At operating cond.	3303 Wp (50°C)									
Array operating characteristics (50°C)	U mpp	68 V	I mpp	48 A									
Total area	Module area	<b>17.3 m²</b>	Cell area	15.7 m²									
<b>PV Array loss factors</b>													
Thermal Loss factor	Uc (const)	29.0 W/m²K	Uv (wind)	0.0 W/m²K / m/s									
=> Nominal Oper. Coll. Temp. (G=800 W/m², Tamb=20°C, Wind=1 m/s.)			NOCT	45 °C									
Wiring Ohmic Loss	Global array res.	24 mOhm	Loss Fraction	1.5 % at STC									
Array Soiling Losses			Loss Fraction	3.0 %									
Module Quality Loss			Loss Fraction	0.1 %									
Module Mismatch Losses			Loss Fraction	2.0 % (fixed voltage)									
Incidence effect, ASHRAE parametrization	IAM =	1 - bo (1/cos i - 1)	bo Parameter	0.05									
<b>BATERÍAS</b>													
<b>System Parameter</b>		System type	<b>Stand Alone System</b>										
<b>Battery</b>		Model	<b>8-CS-25PS</b>										
		Manufacturer	Rolls										
Battery Pack Characteristics		Voltage	64 V	Nominal Capacity 10215 Ah									
		Nb. of units	8 in series x 15 in parallel										
		Temperature	Fixed (20°C)										
<b>Regulator</b>		Model	General Purpose Default										
		Technology	Undefined	Temp coeff. -5.0 mV/°C/elem.									
Battery Management Thresholds		Charging	72.0/69.8 V	Discharging 62.7/67.2 V									
		Back-Up Genset Command	63.0/68.8 V										
<b>User's needs :</b> monthly values													
Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year	
887	417	497	358	334	451	968	437	387	413	453	420	6022	kWh/mth

PVSYST V5.66	22/05/13	Page 2/3
--------------	----------	----------

## Stand Alone System: Main results

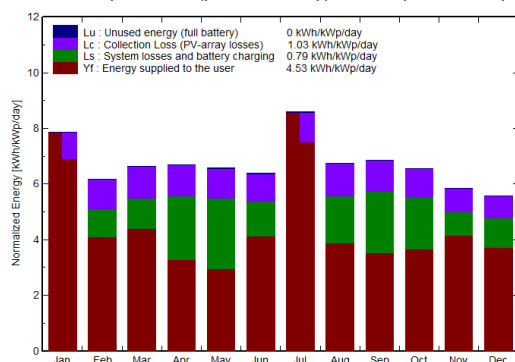
**Project :** Adosado Santa Cruz de Tenerife

**Simulation variant :** New simulation variant

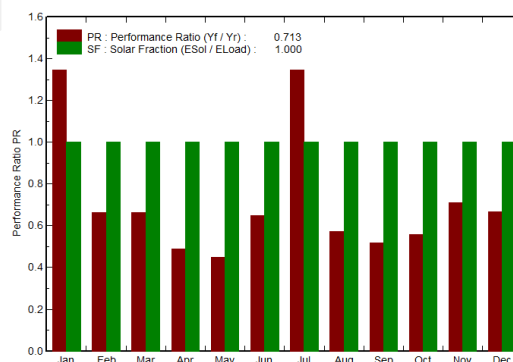
<b>Main system parameters</b>	System type	<b>Stand alone</b>	
PV Field Orientation	tilt	28°	azimuth 0°
PV Array	Nb. of modules	8	Pnom total <b>3640 Wp</b>
Battery	Model	8-CS-25PS	Technology sealed, plates
battery Pack	Nb. of units	120	Voltage / Capacity <b>64 V / 10215 Ah</b>
User's needs	monthly values		global 6022 kWh/year

<b>Main simulation results</b>				
System Production	<b>Available Energy</b>	<b>7.08 MWh/year</b>	Specific prod.	1944 kWh/kWp/year
	Used Energy	6.02 MWh/year	Excess (unused)	0.00 MWh/year
	Performance Ratio PR	71.3 %	Solar Fraction SF	100.0 %
Loss of Load	Time Fraction	0.0 %	Missing Energy	0.00 MWh/year

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 3640 Wp



Performance Ratio PR and Solar Fraction SF

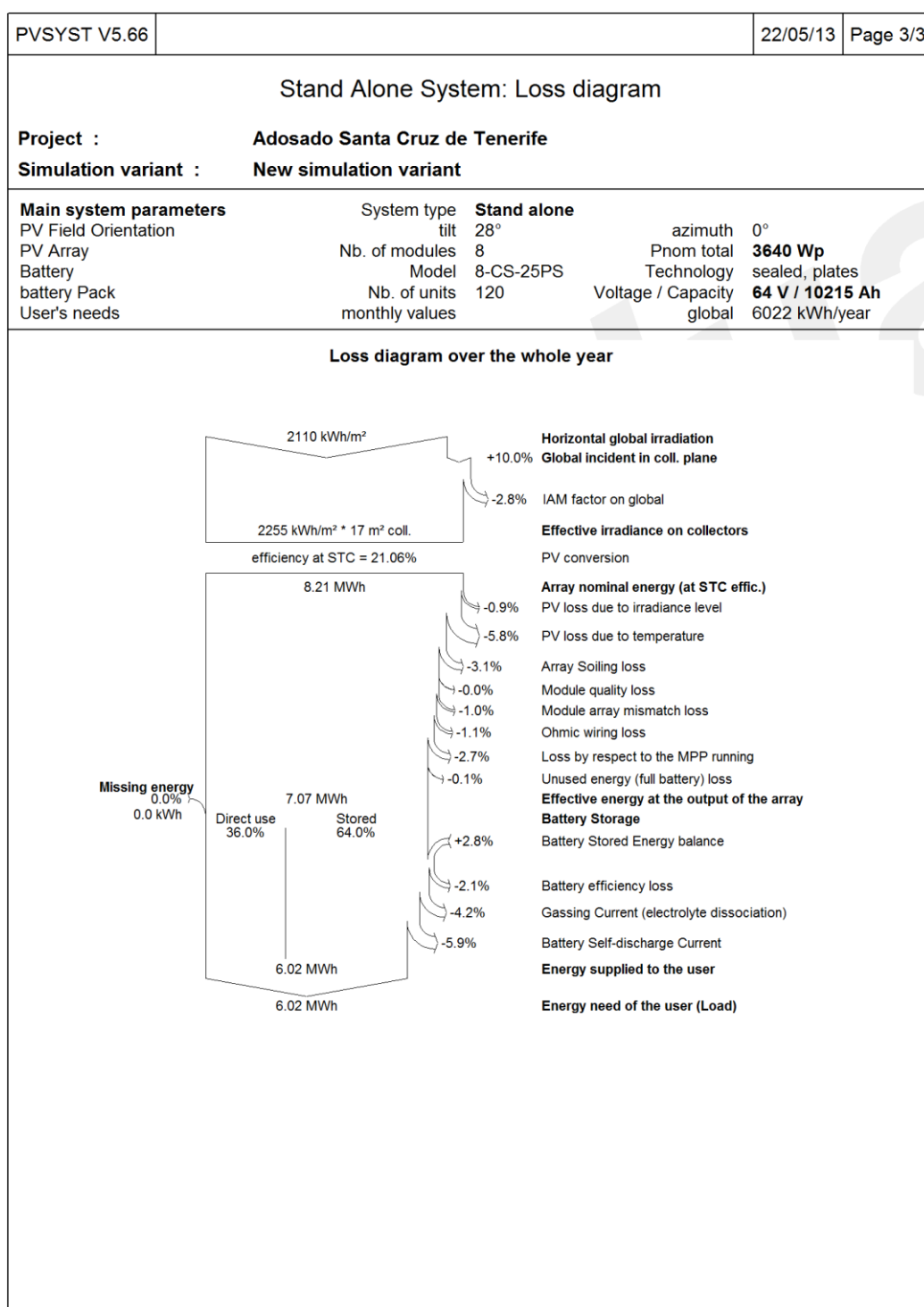


### New simulation variant Balances and main results

	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	GlobEff kWh/m <sup>2</sup>	E Avail MWh	EUnused MWh	E Miss MWh	E User MWh	E Load MWh	SolFrac
January	124.6	176.6	0.551	0.000	0.000	0.887	0.887	1.000
February	133.8	168.7	0.520	0.000	0.000	0.417	0.417	1.000
March	179.8	200.3	0.621	0.000	0.000	0.497	0.497	1.000
April	200.1	195.1	0.610	0.000	0.000	0.358	0.358	1.000
May	222.6	197.2	0.622	0.001	0.000	0.334	0.334	1.000
June	219.6	185.0	0.588	0.001	0.000	0.451	0.451	1.000
July	222.0	190.8	0.598	0.001	0.000	0.968	0.968	1.000
August	216.4	202.9	0.631	0.000	0.000	0.437	0.437	1.000
September	189.3	199.8	0.626	0.000	0.000	0.387	0.387	1.000
October	163.4	198.5	0.626	0.000	0.000	0.413	0.413	1.000
November	124.8	171.1	0.545	0.000	0.000	0.453	0.453	1.000
December	114.1	168.6	0.539	0.000	0.000	0.420	0.420	1.000
Year	2110.4	2254.7	7.078	0.004	0.000	6.022	6.022	1.000

Legends:	GlobHor	Horizontal global irradiation	E Miss	Missing energy
	GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings	E User	Energy supplied to the user
	E Avail	Available Solar Energy	E Load	Energy need of the user (Load)
	EUnused	Unused energy (full battery) loss	SolFrac	Solar fraction (EUsed / ELoad)

En este caso vemos que producimos justo lo que necesitamos, tenemos un pequeño excedente de energía que podemos vender a la red, o utilizarlo en otras aplicaciones requeridas por el propietario. De esta forma somos completamente independientes y podemos autoabastecernos. Además hemos aumentado la eficiencia de la instalación desde un 63.2% a un 71.3%



El inconveniente surge en el aumento de baterías. En la siguiente tabla representaré una comparación para estimar cuánto dinero debemos de aportar para tener esta mejora:

NUMERO DE BATERÍAS	PRECIO POR BATERIA	TOTAL
24	1.172€	28.128€
120	1.172€	140.640€

**HAY QUE INVERTIR  
5 VECES MÁS.**

Por lo que esta decisión depende del usuario. Como mi deber es conseguir la instalación más barata, usaré la instalación con 24 baterías. Otra opción sería no cubrir completamente nuestra demanda de energía, disminuyendo el número de paneles, pero en este proyecto no se contempla eso ya que la idea es conseguir un balance cero.

Con la integración de las SmartGrid este exceso de energía podría ser utilizado para abastecer a los edificios colindantes, o compartir la energía entre dos adosados. Sería una buena opción para evacuar el exceso de energía y compensarlo con la necesidad de otros. Actualmente la red que disponemos, limitará el aporte de generación por parte de viviendas con los nuevos contadores digitales, por lo que en determinado momento nos veremos en la necesidad de desconectar la instalación.

En el ámbito constructivo, parque eléctrico no resulta muy extenso, por lo que podremos colocar los paneles solares junto a los termosolares, ya que disponemos de sitio en el techo. La dificultad sería rediseñar el techo para aportarle la fortaleza necesaria que le permita soportar el peso de todos los elementos(los paneles) y los bastidores precisos para colocarlos a la inclinación deseada.

Un dato a tener en cuenta es que Canarias es una región muy castigada por un efecto denominado **calima**. Éste consta bancos de nubes con partículas muy pequeñas de arena en suspensión procedentes del desierto, por lo que disminuye gravemente la radiación solar incidente, por ello no podemos sacar el máximo provecho a nuestra instalación, además de añadir problemas de mantenimiento a la instalación.

## GENERACIÓN EÓLICA

Primero elegiremos el lugar de emplazamiento : he elegido un punto perteneciente a la Isla de Tenerife- Canarias por ser un buen emplazamiento con vientos fuertes y muy direccionados. El punto pertenece a Santa Cruz de Tenerife, veremos su ubicación y sus características:



Ilustración 47: Imagen de Tenerife

COORDENADAS UTM	382450 , 3152150
ELEVACIÓN(m)	0m
RUGOSIDAD	0.01
WEIBULL C	6.76
WEIBULL K	2.529



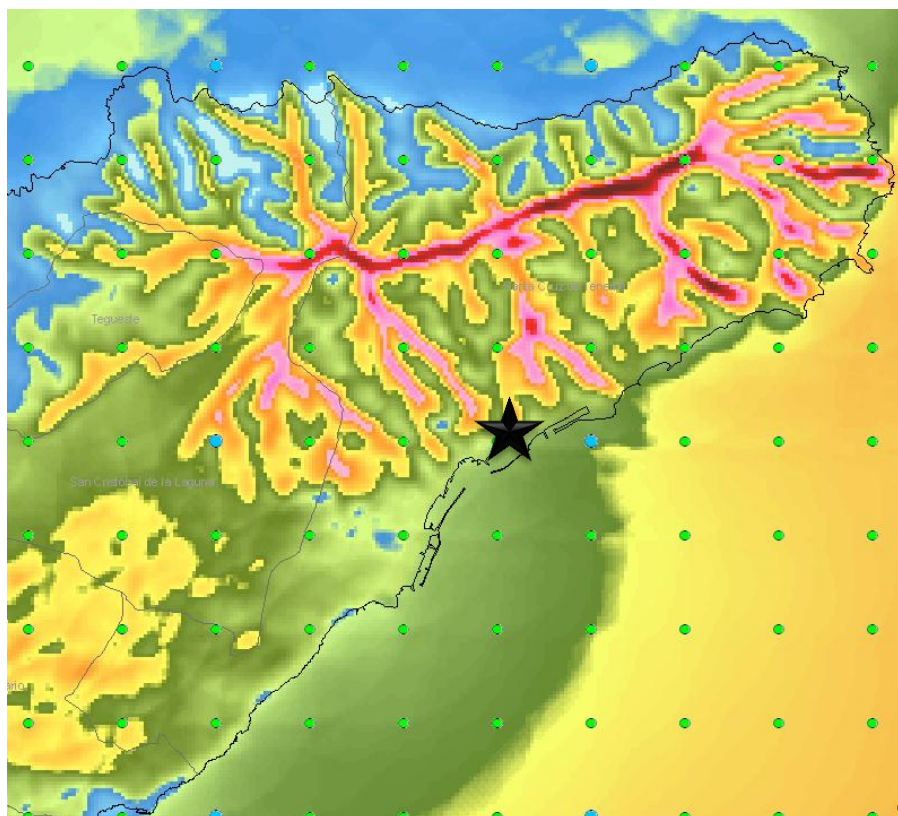


Ilustración 48: Mapa de viento de IDAE

### Información

#### Distribución por direcciones a 80m.

Coordenadas UTM(m): 382450,3152150

Dirección	Frecuencia (%)	Velocidad (m/s)	Potencia (%)	Weibull C (m/s)	Weibull K
N	17.27	6.975	22.09	7.695	3.107
NNE	23.96	6.646	25.73	7.28	3.173
NE	17.38	6.033	13.22	6.483	3.17
ENE	7.83	5.078	3.92	5.571	2.892
E	4	4.445	1.75	5.073	2.277
ESE	2.3	4.272	1.13	4.828	1.778
SE	1.62	3.441	0.37	3.95	2.045
SSE	1.44	3.577	0.37	4.1	2.024
S	2.41	5.977	3.01	6.674	1.825
SSW	1.9	5.741	2.56	6.483	1.626
SW	0.7	3.367	0.13	3.793	2.251
WSW	0.66	3.1	0.09	3.371	2.061
W	2.42	6.944	3.98	7.804	2.202
WNW	3.62	7.031	5.71	7.702	2.2
NW	4.18	6.671	5.06	7.225	2.418
NNW	8.3	6.919	10.86	7.654	2.837

☐ Representación gráfica

Tabla 28: Distribución del viento y su dirección

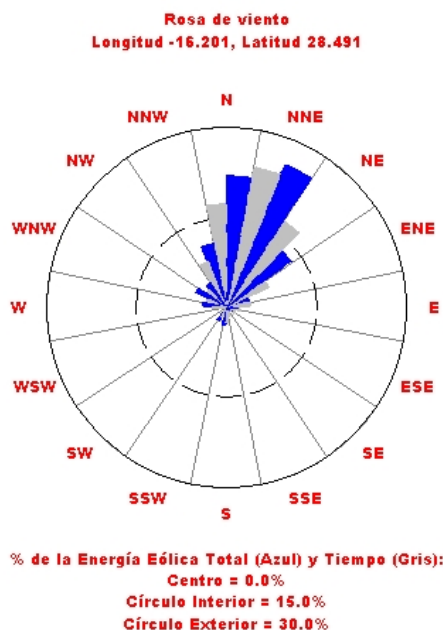
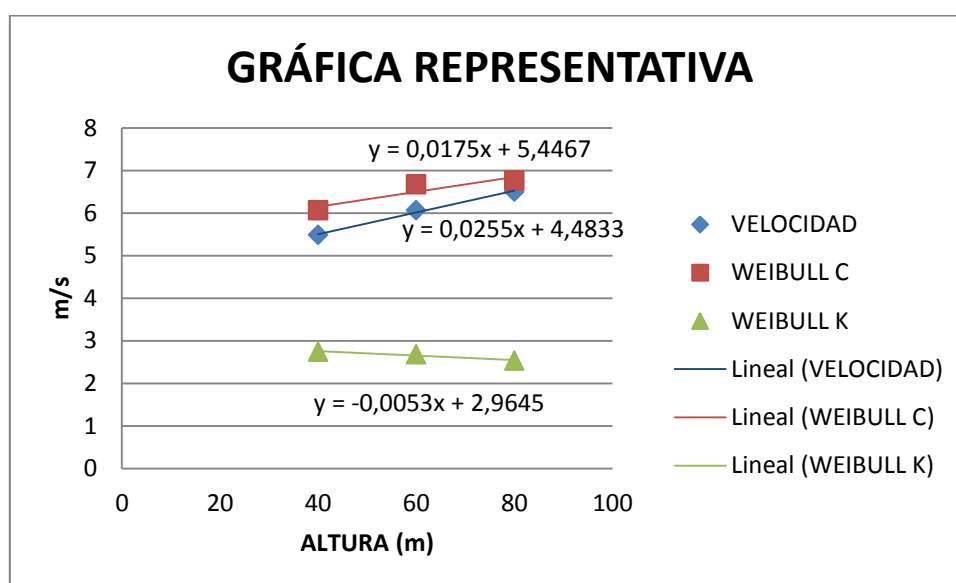


Ilustración 49: Rosa de los vientos de Santa Cruz de Tenerife

El inconveniente que tenemos es que estas medidas son tomadas a una altura de 80m. Según el instituto tecnológico de canarias, tienen medidas para una altura de 40m y 60m:

	A 40m	A 60m	A 80m(IDAE)
<b>Velocidad Media(m/s)</b>	5.48	6.06	6.5
<b>Weibull C(m/s)</b>	6.06	6.67	6.76
<b>Weibull K(m/s)</b>	2.74	2.675	2.529

Si establezco una gráfica podría determinar los valores a 10m, suponiendo que tienen una tendencia lineal










Con las ecuaciones de las rectas, simulo los 10 m de altura y obtengo los siguientes datos:

ALTURA(m)	VELOCIDAD MEDIA(m/s)	WEIBULL C (m/s)	WEIBULL K(m/s)
10	4.47383	5.6217	2.9115

Para estimar la turbina a elegir, me he basado en un catálogo de una empresa que establece características para sus torres. Según la torre elegida dispondremos de una potencia específica. Recordemos que necesitamos una potencia de 6022kW anuales:

	Urban donQi 1750	PowerSpin TSW2200	PowerSpin TSW4000	PowerSpin TSW8000	SkyStream 2400
					
Diámetro del rotor	2 m	3.5 m	4.2 m	6 m	3,7 m
Potencia nominal	1,75KW	2.2KW	4kW	8kW	2,4KW
Potencia máxima	2,2KW	2.5KW	5kW	15kW	2,6KW
Numero de palas	3		3		3
Producción anual de energía (a velocidad media de viento de 5 m/s )	1.500 kWh	4.200 kWh	6.100 kWh	12.700 kWh	3.600 kWh
Velocidad nominal	14 m/s	11 m/s	12 m/s	11 m/s	9,5 m/s
Velocidad de arranque	2.5 m/s		2.5 m/s		3,5 m/s
Velocidad limite	55 m/s		60 m/s		63 m/s
Generador			Imanes permanentes		
Carga de baterías	---	Controlador de carga (con MPPT, LVD, OCP), 12-48 V DC			Controlador de carga
Alimentación a la red	Inversor donQi Winverter 230 V AC, 50 Hz, 1 Fase	Ajustable a los requisitos del inversor (Aurora o SMA)			Inversor Southwest Windpower 230 V AC, 50 Hz, 1 Fase
Sistema de protección / frenada	Sistema eléctrico y mecánico	Sistema eléctrico y mecánico	Sistema eléctrico y mecánico	Pitch Control	Sistema eléctrico con Interruptor de relé
Instalación	Tejado/Torre separada			Torre separada	Torre separada
Minima altura de torre	3,5 m (tejado) 10,5 m (torre separada)	3m (tejado) 6m (torre separada)	4 m (tejado) 7 m (torre separada)	12 m (torre separada)	10 m (torre separada)
Tiempo de vida (diseño del producto)	20 años		30 años		20 años
Garantía	5 años		5 años (extensión opcional hasta 20 años)		5 años

Oficina comercial en España: T. +34 935 17 58 85

Bureau commercial France: T. +33 678 72 55 32

info@uncetaecosolutions.com

www.uncetaecosolutions.com

Ilustración 50: Catálogo aerogeneradores

Con esta torre conseguiremos para una velocidad media de 5m/s una potencia anual de 6.100kWh. Como nuestra velocidad media no es exactamente 5m/s, dispondremos algo menos de potencia, por lo que se adapta favorablemente a nuestra instalación. Además tiene la ventaja de ser instalada sobre techo o separada.

Ya que el techo lleva los paneles termosolares, se recomienda si es posible separar la torre de la vivienda. Como es un adosado, dispondremos de terreno para instalarla.

## GENERACIÓN HÍBRIDA EÓLICO-SOLAR

Consiste en la utilización de ambos sistemas para autoconsumo de la vivienda.

Como podemos ver en la Ilustración 51 el perfil de consumo de una vivienda, se basa en un consumo mayoritario en las horas nocturnas, por lo que evidentemente tendremos que acceder a la energía almacenada en las baterías ya que por la noche no disponemos de producción solar. Por lo que podemos describir la situación como falta de concordancia entre el consumo y generación.

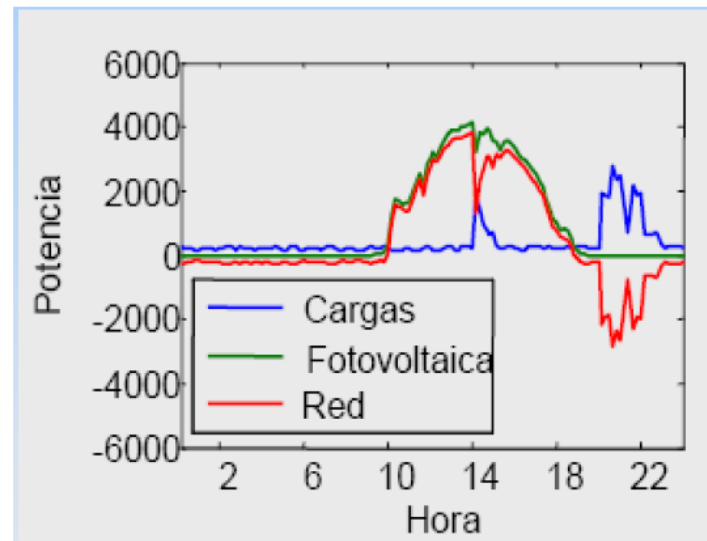


Ilustración 51: Curva generación-consumo

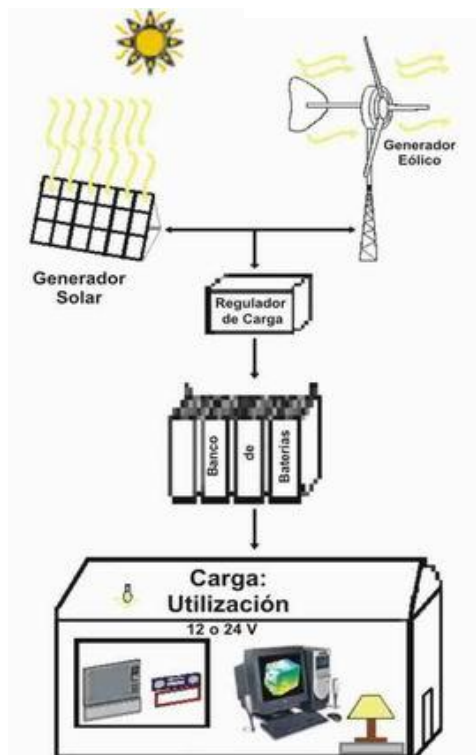


Ilustración 52: Representación de un sistema híbrido eólico-solar

Por ello nos podemos valer de la ventaja de la mezcla entre los dos sistemas renovables, como podemos ver en la ilustración 52, al que se denomina sistema híbrido eólico- solar. Están basados en el uso de ambos generadores con almacenamiento mediante baterías. Para diseñarlos es necesario identificar todas las combinaciones que ofrezcan un determinado nivel de fiabilidad y robustez.

Además podremos solucionar la intermitencia que existe en las energías renovables, ya que un día poco soleado, podría hacer mucho viento y viceversa. Así que convertimos la generación intermitente en un estado permanente de generación de energía.

Su utilización puede ser junta o separada, ya que el sistema está controlado mediante PLC, la vivienda adquiere la energía del panel solar y del aerogenerador y la envía a la vivienda. Desde allí, se consume o se exporta a la red, dependiendo de la utilización que necesite en ese instante el hogar.

Normalmente, existe una correlación entre la producción de energía. Cuando disponemos de un alto porcentaje de eólico, el solar suele ser bajo y viceversa; un ejemplo de esto es el día y la noche, además de los cambios de estaciones. En los días de invierno obtenemos mayores velocidades de viento y menores horas de luz solar, mientras que en verano, es mejor la producción solar en deterioro de la eólica.

Tenemos la opción de estar conectados a la red, y así vender el excedente de energía que pudiéramos tener, o la compra de la misma en caso de necesidad.

# CAPÍTULO 5: PRESUPUESTO



UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

## Presupuesto

FACTURA

TRABAJO FINAL DE GRADO: ZERO ENERGY BUILDINGS

PRESUPUESTO EDIFICIO CON BALANCE ENERGÉTICO CERO MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE PANELES SOLARES.

Pilar Quintero Fernández  
Universidad Carlos III de Madrid  
Av. La Universidad 30  
Leganés

Cantidad	Nombre	Descripción	Precio unitario (€) IVA Incluido	Total (€)
7	Ventana doble	Ud. Doble ventana de aluminio de color blanco estandar con Instalación incluida. (ayudas de albañilería).	130	910
1	Caldera de condensación	Ud. Caldera de condensación Modelo Themafast Condens F 30 E marca Saunier Duval . Instalación incluida. (ayudas de albañilería).	2.157,60	2.157,60
8	Suelo radiante	Suelo radiante de malla Modelo ASM-64 751 85. Potencia a 230v: 1970W , superficie 23,17 m <sup>2</sup> ,marca Elementos Calefactores AS Gama 751. Instalación incluida. (ayudas de albañilería).	750	6.000
2	Panel termosolar	Ud. Panel termosolar marca Solar Tec, Modelo TZ58-1800-30R. Con instalacion incluida, (ayudas de albañilería)	2.165	4.330
1	Acumulador	Ud. Acumulador modelo BPS/ 1 300, Marca Thermital, Capacidad 305l.	1.010	1.010
1	Centralita	Ud. Centralita modelo Sol Pro, Marca Thermital	250	250
8	Panel fotovoltaico	Ud. Panel fotovoltaico Si-mono modelo SPR-455J-WHT-D, 455Wp, 65V, Marca: Sun Power . Instalación Incluida	771,56	6.172,48
24	Baterías	Baterías solares modelo 8-CS-25PS de ciclo profundo, 8v, 681Ah. Marca Rolls Battery Engineering	1.172	28.128
1	Regulador	Regulador Steca FLEXmax con seguidor de punto de máxima potencia. Tensión 60V. Intensidad 60A. Con display. Marca OutBack Power Systems	541,20	541,20
1	Inversor	Inversor Monofásico modelo PIKO 3.6, de 3000-4000w. Marca Kostal Solar Electric	1.930	1.930
SUBTOTAL				51.429,28
IMPREVISTOS 15%				7.714,392
PRECIO DE LA REALIZACIÓN DEL PROYECTO (10%)				5.142,928
Total				64.286,6

Presupuesto preparado por: PILAR QUINTERO FERNÁNDEZ

Este es un presupuesto sobre los bienes nombrados, sujeto a las condiciones indicadas a continuación: (Describa las condiciones relacionadas con estos precios y los términos adicionales del acuerdo. Puede que quiera incluir las contingencias que afectarán al presupuesto.)

Para aceptar este presupuesto, firme aquí y envíenos este documento:

Gracias por su transacción.



UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

# Presupuesto

FACTURA

TRABAJO FINAL DE GRADO: ZERO ENERGY BUILDINGS

PRESUPUESTO EDIFICIO CON BALANCE ENERGÉTICO CERO MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE PANELES SOLARES.

Pilar Quintero Fernández  
Universidad Carlos III de Madrid  
Av. La Universidad 30  
Leganés

Cantidad	Nombre	Descripción	Precio unitario( €)	Total (€)
7	Ventana doble	Ud.Doble ventana de aluminio de color blanco estandar con Instalación incluida.( ayudas de albañileria).	130	910
1	Caldera de condensación	Ud.Caldera de condensación Modelo Themafast Condens F 30 E marca Saunier Duval . Instalación incluida. ( ayudas de albañileria).	2.157,60	2.157,60
8	Suelo radiante	Suelo radiante de malla Modelo ASM-64 751 85. Potencia a 230v: 1970W , superficie 23,17 m <sup>2</sup> ,marca Elementos Calefactores AS Gama 751.Instalación incluida.( ayudas de albañileria).	750	6.000
2	Panel termosolar	Ud.Panel termosolar marca Solar Tec, Modelo TZ58-1800-30R. Con instalacion incluida, (ayudas de albañileria)	2.165	4.330
1	Acumulador	Ud. Acumulador modelo BPS/ 1 300, Marca Thermital, Capacidad 305l.	1.010	1.010
1	Centralita	Ud. Centralita modelo Sol Pro, Marca Thermital	250	250
1	Turbina eólica	Ud. Torre Eólica modelo Power Spin TSW4000 de potencia nominal 4kW, 4,2m de diámetro del rotor. Marca UncetaEcosolutions. Instalación Incluida	6.000	6.000
SUBTOTAL				20.657,6
IMPREVISTOS   15%				3.098,64
PRECIO DE LA REALIZACIÓN DEL PROYECTO (10%)				2.065,76
Total				<b>25.822,00</b>

NOTA: se ha estimado que no existe necesidad de acumulación de energía ya que es una producción constante. Si no consumimos se verterá a la red. En caso de requerimiento de baterías, se aplicará el mismo precio que para la instalación solar.

Presupuesto preparado por: PILAR QUINTERO FERNÁNDEZ

Este es un presupuesto sobre los bienes nombrados, sujeto a las condiciones indicadas a continuación: (Describa las condiciones relacionadas con estos precios y los términos adicionales del acuerdo. Puede que quiera incluir las contingencias que afectarán al presupuesto.)

Para aceptar este presupuesto, firme aquí y envíenos este documento:

Gracias por su transacción.

## CAPÍTULO 6: CONCLUSIÓN

Europa se ha marcado una meta muy importante en relación a la eficiencia energética. El Consejo Europeo ha establecido como objetivo para 2020 ahorrar un 20% de su consumo de energía primaria.

Para que este avance ocurra es necesario disponer de políticas de mejora, subvenciones y apoyo a las energías renovables, ya que son la fuente de nuestra actualización. El ahorro conseguido será un gran incentivo para la implantación de estas tecnologías en nuestras viviendas y edificios.

La certificación energética se ha convertido en un tema actual, hoy en día es un aspecto necesario en las viviendas, pero todavía está por concretar la justificación de las calificaciones, la introducción a los edificios existentes y la metodología para la renovación al cabo de los 10 años. Dada la situación actual, los conflictos de realizar un control y las limitaciones de los datos que aporta la etiqueta, el sistema corre el peligro de quedar como una normativa de resultados vacíos.

Por ello he querido desglosar, las acciones necesarias a realizar en una vivienda. Todo el proceso de reconversión de una construcción y tener claro que parámetros debemos de mejorar y sobre los cuales actuar.

Es un reto, tanto en la ingeniería como en el aspecto económico, adaptar las circunstancias existentes y mejorarlas, introduciendo los avances de la tecnología y materiales que permitan mejorar nuestra calidad de vida.

Uno de los principales muros a sobrepasar es la inversión económica. No es lo mismo diseñar desde sus orígenes una edificación contemplando el principio de ahorro energético y balance cero o casi cero, que transformar las existentes a este parámetro.

Primero porque una edificación existente se ha invertido en construirse y operarse, y con los años ha visto la necesidad de volver a aportar económicamente para su mejora. Esto se ve como un doble pago para un mismo edificio por lo que lo encarece. Mientras que invertir desde el principio, supone un único ingreso de capital.

Se sabe que el ciclo de vida de una construcción puede dividirse en dos etapas:

1. *Fase de desarrollo*: dura de 3 a 5 años, y en ella entra desde el proceso ingenieril hasta su puesta en funcionamiento.
2. *Costes operativos*: este en un periodo de 25 a 30 años, y consta de la inversión que necesita el edificio para sus labores de mantenimiento y mejora.

### FASE DE DESARROLLO DE 3-5 AÑOS.

HATA EL 25% DEL COSTE DEL  
CICLO DE VIDA

### COSTES OPERATIVOS DE 25-30 AÑOS.

HASTA EL 75% DEL COSTE DEL CICLO DE VIDA

Esto demuestra que si no construimos un edificio desde el principio eficiente energéticamente hablando, tendremos que invertir mucho en los costes operativos y con muchos años de repercusión, resultando una rentabilidad menor.

Actualmente las empresas del sector proponen realizar mejoras hasta de un 30% de la edificación. Con ella han visto que resulta viable y los resultados son notorios.

Pero si dimensionamos desde su origen como he comentado al principio, existen incluso edificios A+ como por ejemplo Green Office en Meudon, Francia, capaces de autoabastecerse y generar de más para proporcionar energía para el consumo de los edificios de su alrededor, o simplemente verterlo a la red y funcionar como una central.

Este planteamiento es uno de los pasos para las SmartGrid, que son redes inteligentes que permiten la gestión de la electricidad, optimizando la generación y el consumo de la energía, disminuyendo pérdidas y aumentando el rendimiento.

Esto permitirá crear una comunidad de productores y consumidores in situ, evitando los largos recorridos existentes entre las centrales y los centros de consumo.

Hoy en día, la red actual permite la dirección de la energía desde la generación hasta el consumo. Con la implantación de las renovables, hemos podido comprobar que las viviendas se han convertido en consumidores y generadores a la vez; por lo que ahora el flujo de energía es bidireccional; ocasionando actualmente problemas en la gestión eficiente de la misma.

Las SmartGrid enviarán la electricidad desde los proveedores hasta los consumidores usando tecnologías bidireccionales controlando las necesidades del consumidor. Esto permite ahorrar energía, reducir los costes asociados a la generación y disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Reducir estas emisiones son las que impulsan a mejorar el panorama existente. Hoy en día es de interés mundial mejorar la calidad de vida y para ello hay que modificar el estilo de vida que se ha mantenido durante estos años.

El pensamiento hasta los momentos ha sido que nuestra actividad en la tierra no generaba ningún tipo de deterioro, y hoy en día se ha demostrado lo contrario. Se ha invertido en tecnologías y modelos de vida que no son sostenibles y eso en la actualidad está pasando factura.

Por ello he intentado demostrar con mi proyecto que se puede modificar en gran medida ciertos aspectos de nuestra vida e influir positivamente en nuestro entorno.

Se dispone de la tecnología necesaria para ampliar sectores que en un pasado se creían utópicos, permitiéndonos cierta libertad al decidir de donde queremos la energía y cuando la usaremos. Sin olvidarnos que este avance, no resulta nocivo para el medioambiente.

Así que ahora que podemos tener todo, ¿Por qué no vamos a aprovecharlo?



# BIBLIOGRAFÍA

---

- [1] IDAE, Boletín Electrónico del IDEA: Balance energético 2009 y perspectivas 2010. Eficiencia energética y energías renovables. 21 de Julio de 2010.  
<http://www.idae.es/boletines/boletin50/>
- [2] Teresa Banet. Ahorro energético y desarrollo urbano. 26 de Marzo del 2012.  
<http://www.teresabanet.es/2012/03/26/ahorro-energetico-y-desrrollo-urbano/>
- [3] Empresa Geyca. Plan de Optimización Energética de la provincia de Salamanca. 6 de Junio de 2008. <http://www.portalenergia.es/noticias/2008/6/GEYCADIPSalamanca.jsp>
- [4] ] A.J. Marszal, J.S. Bourrelle, E. Musall, P. Heiselberg, A. Gustavsen, K. Voss, Net Zero Energy Buildings – Calculation Methodologies versus National Building Codes, in: EuroSun Conference, Graz, Austria, 2010.
- [5] Asistente técnico para la construcción sostenible. (ATECOS) 19 de Enero de 2012.  
[http://www.miliarium.com/ATECOS/Html/Soluciones/Fichas/Edificios\\_energia\\_cero.pdf](http://www.miliarium.com/ATECOS/Html/Soluciones/Fichas/Edificios_energia_cero.pdf)
- [6] Jesús Soto. Etapas de una auditoría energética en edificios. 14 de Agosto de 2008.  
[http://tecno.sostenibilidad.org/index.php?option=com\\_content&task=view&id=113&Itemid=159](http://tecno.sostenibilidad.org/index.php?option=com_content&task=view&id=113&Itemid=159)
- [7] IDAE y Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Calificación de eficiencia energética de edificios. Mayo 2009.  
[http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/DocumentosReconocidos/OtrosDocumentos/Calificaci%C3%B3n%20energ%C3%A9tica.%20Vivienas/Simplificado\\_vivienda\\_memoria.pdf](http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/DocumentosReconocidos/OtrosDocumentos/Calificaci%C3%B3n%20energ%C3%A9tica.%20Vivienas/Simplificado_vivienda_memoria.pdf)
- [8] Etiqueta de Eficiencia energética. <http://www.casasrestauradas.com/wp-content/uploads/2013/01/Etiqueta-eficiencia-energ%C3%A9tica.gif>
- [9] Jesús Soto. Blog Slowenergy. <http://www.slowenergy.es/>
- [10] AFEC. Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de mayo de 2010, relativa a la eficiencia energética de los edificios. 9 de Julio de 2010  
[http://www.afec.es/es/directivas/resumen\\_dir\\_2010\\_31\\_es.pdf](http://www.afec.es/es/directivas/resumen_dir_2010_31_es.pdf)
- [11] FME. Zero Emission Buildings. 5 DE Febrero de 2009.  
<http://sintef.org/project/ZEB/ZEB%20presentation.pdf>



- [12] I Congreso EECN Edificios Energía Casi Nula. En Madrid 7-8 Mayo 2012
- [13] La eficiencia energética en el horizonte de 2020. 23 de Marzo de 2009  
[http://europa.eu/legislation\\_summaries/energy/energy\\_efficiency/en0002\\_es.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/energy/energy_efficiency/en0002_es.htm)
- [14] Konstruir. Programa informático para el cálculo de paneles termosolares.  
<http://konstruir.com/C.T.E/HE-4-Contribucion-solar-minima-de-agua-caliente-sanitaria/#>
- [15] Liping Wang, Julie Gwilliam, Phil Jones. Case study of zero Energy house design in UK. (Revista electrónica), ELSEVIER Energy and Buildings, Fecha de publicación: 13 de Marzo de 2009, Fecha de actualización/revisión: 11 de Julio de 2009, Fecha de aceptación: 13 de Julio de 2009, Número normalizado: 1215-1222.
- [16] Nelson Fumo, Pedro Mago, Rogelio Luck. Methodology to estimate building energy consumption using EnegyPlus Benchmark Models. (Revista electrónica), ELSEVIER Energy and Buildings, Fecha de publicación: 13 de Noviembre de 2009, Fecha de actualización/revisión: 3 de Junio de 2010, Fecha de aceptación: 23 de Julio de 2010, Número normalizado: 2331-2337.
- [17] Giuliano Dall o, Elisa Bruni, Luca Sarto. Towars a quality-driven approach. (Revista electrónica), ELSEVIER Energy and Buildings, Fecha de publicación: 23 de marzo de 2012, Fecha de actualización/revisión: 15 de Agosto de 2012, Fecha de publicación online: 13 de Septiembre de 2012. Número normalizado: 840-846.
- [18] Liping Wang, Julie Gwilliam, Phil Jones. Case study of zero Energy house design in UK. (Revista electrónica), ELSEVIER Energy and Buildings, Fecha de publicación: 10 de marzo de 2009, Fecha de actualización/revisión: 11 de Julio de 2009, Fecha de aceptación: 13 de Julio de 2009, Número normalizado: 1215-1222.
- [19] A. Ferrante, M.T. Cascella. Zero Energy balance and zero on-site CO<sub>2</sub> emission housing development in the Mediterranean climate. (Revista electrónica), ELSEVIER Energy and Buildings, Fecha de publicación: 24 de Enero de 2011, Fecha de actualización/revisión: 31 de Marzo de 2011, Fecha de aceptación: 10 de Abril de 2011, Número normalizado: 2002-2010.
- [20] A.J Marszal, P. Heiselberg, J.S Bourrelle, E. Musall, K. Voss, I. Sartori, A. Napolitano. Zero Energy Buildings- A review of definitions and calculation methodologies. (Revista electrónica), ELSEVIER Energy and Buildings, Fecha de publicación: 19 de Octubre de 2010, Fecha de aceptación: 14 de Diciembre de 2010, Número normalizado: 971-979.

[21] M. Kapsalaki, V. Leal, M. Santamouris. A methodology for economic efficient design of net zero energy buildings. (Revista electrónica), ELSEVIER Energy and Buildings, Fecha de publicación: 14 de Agosto de 2012, Fecha de actualización/revisión: 28 de Septiembre de 2012, Fecha de aceptación: 10 de Octubre de 2012, Número normalizado: 765-778.

[22] Shady Attia, Elisabeth Gratia, André de Herde, Jan L.M. Hensen. Simulation-based decision support tool for early stages of zero-energy building design. (Revista electrónica), ELSEVIER Energy and Buildings, Fecha de publicación: 12 de Octubre de 2011, Fecha de actualización/revisión: 17 de Enero de 2012, Fecha de aceptación: 28 de Enero de 2012, Número normalizado: 2-15.

[23] H. Lund, A. Marszal, P. Heiselberg. Zero Energy Buildings and mismatch compensation factors. (Revista electrónica), ELSEVIER Energy and Buildings, Fecha de publicación: 26 de Agosto de 2010, Fecha de actualización/revisión: 4 de Marzo del 2011, Fecha de aceptación: 7 de marzo de 2011, Número normalizado: 1646-1654.

[24] Guilherme Carrilho da Graça, André Augusto, Maria M. Lerer. Solar powered net zero Energy houses for southern Europe: Feasibility study. (Revista electrónica), ELSEVIER ScienceDirect, Fecha de publicación: 3 de Agosto de 2010, Fecha de actualización/revisión: 6 de Noviembre de 2011, Fecha de aceptación: 11 de Noviembre de 2011, Número normalizado: 634-646.

[25] Patxi Hernández, Paul Kenny. Development of a methodology for life cycle building energy ratings. (Revista electrónica), ELSEVIER Energy Policy, Fecha de publicación: 9 de Julio de 2010, Fecha de actualización/revisión: 6 de Abril del 2011, Fecha de aceptación: 29 de Abril del 2011, Número normalizado: 3779-3788.

[26] Mitchell Leckner, Radu Zmeureanu. Life cycle cost and energy analysis of a net zero energy house with solar combisystem. (Revista electrónica), ELSEVIER Applied Energy, Fecha de publicación: 26 de Junio de 2010, Fecha de actualización/revisión: 27 de Julio de 2010, Fecha de aceptación: 29 de Julio de 2010, Número normalizado: 232-241.

[27] David Rivas Ascaso. Recursos energéticos distribuidos. Clase del máster universitario de energías renovables en sistemas eléctricos. 19 de Febrero de 2013

[28] Juan Manuel Galán. Respuesta de la demanda. Clase del máster universitario de energías renovables en sistemas eléctricos. 5 de Marzo de 2013

[29] Marcos González Álvarez. Nueva directiva relativa a la eficiencia energética de edificios. Publicación IDAE.

[30] IDAE. Eficiencia energética y reducción de costes presupuestarios en los edificios del complejo de La Moncloa. Publicado en Julio 1999.

[31] Joan Aymamí, Alejandro García, Oriol Lacave, Llorenç Lledó, Miguel Mayo, Santi Parés.

Análisis del recurso. Atlas eólico de España. Estudio Técnico PER 2011-2020. IDAE. Publicado en 2011.

[32] IDAE. Plan de Ahorro y eficiencia energética 2011-2020. Publicado en 2011.

[33] Guía IDAE: Sistemas de Aislamiento Térmico Exterior (SATE) para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios. Diseño: Juan Martínez Estudio. ISBN: 978-84-96680-59-3. Publicado Abril 2012.

[34] Información General sobre la energía eólica.  
[http://www.agenergia.org/files/resourcesmodule/@random49917eec3c3bd/1234272293\\_e\\_eolica.pdf](http://www.agenergia.org/files/resourcesmodule/@random49917eec3c3bd/1234272293_e_eolica.pdf)

[35] Carlos Sellas. Inversores Fotovoltaicos diseñados para el autoconsumo. KOSTAL Solar Electric Ibérica. 25 de Abril de 2012.

[36] Principles For nearly Zero-energy Buildings paving the way for effective implementation of policy requirements. 14 de Noviembre de 2011.  
[http://www.ecofys.com/files/files/ecofys\\_bpie\\_2011\\_nearlyzeroenergybuildings.pdf](http://www.ecofys.com/files/files/ecofys_bpie_2011_nearlyzeroenergybuildings.pdf)

[37] Blanca Giménez, Vicente, Martínez Antón, Alicia, Castilla Cabanes, Nuria, Pastor Villa, Rosa María. Contribución solar para agua caliente sanitaria: Dimensionado de colectores solares. Publicado 11 de Mayo de 2011.

[38] European commission. -recommendations on measurement and verification methods in the framework of directive 2006/32/ec on energy end-use efficiency and energy services. 21 de Noviembre de 2010.

[39] Comunidad de Madrid. Seminario: Guía de evaluación y seguimiento de ahorros en contratos de servicios energéticos. Mayo 2012

[40] Gas Natural Fenosa. Seminario: Edificio inteligente: ¿mito o realidad? 12 de Marzo de 2013.

[41] Servando Álvarez. Conferencia- debate: Los Edificios de Consumo de Energía casi Nulo. 24 de Mayo de 2012 en la Directiva de Eficiencia Energética de Edificios.